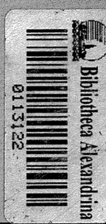
د. علياء حاتوغ - بوران
محمد حمدان ابو دية

علم البيئة







علـــم البيـــئـــة

علم البيئة

د. علياء حاتوغ ـ بوران
محمد حمدان ابو دية



1996

■ د. علياء حاتوغ بوران، محمد حمدان ابو دية، علم البيئة

■ الطبعة العربية:

الاصدار الاول ١٩٩٤

الاصدار الثاني ١٩٩٦



■ الناشر: دار الشروق للنشر والتوزيع

هاتف: ٦١٨١٩٠ / ٦١٨١٩١ / ٦٢٤٣٢١ فاكس: ٦١٠٠٦٥

ص.ب ٩٢٦٤٦٣ الرمز البريدي ١١١١٠ عمان - الأردن

■ دار الشروق للنشر والتوزيع

رام الله - فلسطين

■ التوزيع: المركز العربي للمطبوعات ش.م.م.

ص.ب: ١٣/٥٦٨٧ تلفاكس: ٧٣٩٣٥٢ (٠١) بيروت - لبنان

■ الصف والاخراج وتصميم الغلاف: الشروق للاعلان والتسويق

هاتف: ٦١٨١٩٠ فاكس: ٦١٠٠٦٥ عمان - الأردن.

■ رقم الايداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(١٩٩٦/٩/٩٥٠)

رقم التصنيف: ٥٧٤,٥

المؤلف ومن هو في حكمه: علياء حاتوغ-بوران، محمد حمدان ابو دية

عنوان المصنف: علم البيئة

الموضوع الرئيسي: ١- العلوم الطبيعية

٢- علم البيئة

رقم الايداع: (١٩٩٦/٩/٩٥٠)

بيانات النشر: عمان- دار الشروق

* تم اعداد بيانات الفهرسة الاولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

المقدمه

تحتل العلوم البيئيه في الوقت الحالي حيزاً هاماً بين العلوم الاساسيه والتطبيقيه والانسانيه ، ولعل من اهم ما دعا الانسان الى النظر الى العلوم البيئية بهذه الجدّيه هي التفاعلات المختلفه بين انشطة التنمية والبيئه والتي تجاوزت الحدود المحليه الى الحدود الاقليميه والعالميه . فاصبح الانسان ينظر الى هذه المستجدات كمشاكل عالميه لا تستطيع الدول الا مجتمعةً ان تضع الأُطُرْ والحلول المناسبه لها .

فالانسان وعلى مر العصور وخلال سعيه المتواصل الى النمو والتطور ، ومع ازدياد الكتله البشريه المتسارع باتَ من اكبر المستغلين للمصادر البيئية الطبيعيه حتى أصبحت هذه الموارد مُتراجِعه ومُستنزفه وملوّثه ، مُهدّدةً بذلك نوعية حياة الانسان على الكره الارضيه .

فالتقارير الدوليه المختلفه تحمل في طياتها ارقاماً مذهله عن وفاة ٤ ملايين من الرضع والاطفال يومياً بسبب امراض الاسهال وهذا عائد الى تلوث المياه والطعام وارقام اخرى عن ملايين من الناس الذين يعانون من امراض تنفسيه نتيجة لتلوث الهواء، ومئات اخرى من الملايين الذين يتعرضون للمخاطر الكيماويه، عدا عن الارقام غير الثابته – مثل حوالي ٦٣٠ مليوناً من البشر الذين يعيشون في فقر شديد ويعانون من سوء التغذية . وعن تقارير اخرى تفيد بان العديد من الدول الناميه تُسدّد دُيونها الخارجيه عن طريق ازالة الغابات وبيع الاخشاب ، وعن معاناة القاعده البيئيه – لاطعام سكان العالم – من الضغط الناجم عن التدهور السريع في موارد وخيرات الارض والتناقص المتسارع لأعداد الكائنات الحيه وانقراض مئات الانواع يومياً مما يخفّض من

القاعده الجينيه للانواع .

فاصبحنا نُعبرّ عن هذه القضايا بانها قضايا عبر الحدود وقضايا دوليه تستلزم التحرك الفعلي الجاد والآنيّ . فلا يمكن ارجاء قضية من هذه القضايا الى خطط قادمه او النظر اليها ضمن سياسات مستقبليه لا تعتمد الا على التنظير الفلسفي لغدٍ أفضل .

ان تطور تصورات الرأي العام بشأن القضايا البيئية وتزايد الوعي الجماهيري أعطت المهتمين دفعه قويه لاجراءات كثيره أُتخذت خلال العقدين الماضيين لحماية الموارد البيئيه . فعلى الصعيد العالمي وفي اوائل السبعينات تنبأ البعض بان النزعه البيئيه سوف تخبو تدريجياً وتختفي من دائره اهتمام الجمهور حيث كان يُنظر اليها كنوع من الازعاج الهامشي ، الا ان النزعه البيئية نَمَتْ ، وقد وُجِدتْ لتبقى . وشهدت الثمانينات والتسعينات اهتماماً اكثر قوه بل وتحولاً في التفكير ، وانعكس ذلك في وضع التشريعات والاستراتيجيات التي تعطي حق التنميه والتطور لكن ضمن مراعاة الانظمة البيئيه وحمايتها وصون الموارد الطبيعيه . وظهر مفهوم التنمية المُستدامه او التنميه القابله للاستمرار وأهمية تصنيع وتسويق منتجات وخدمات «سليمه بيئياً» او «صديقه للبيئه» لتضع هذه المفاهيم في اطر غير قابلة للتراجع عنها ، بل على العكس لتصبح قاعده للعمليات التنمويه المستقبلية ، حيث اصبح الوعي العالمي الجماهيري مدركاً لهذه الاخطار البيئيه .

ويعتبر الاردن من الدول التي رأت في حماية البيئه حمايه لمصادرها ومواردها الطبيعيه وحمايةً لحق الانسان في العيش في بيئه آمنه وسليمه ، فدفعت بالاستراتيجية الوطنيه لحماية البيئه عام ١٩٩١ لتصبح الاداه التشريعيه والقانونيه للمحافظه على البيئه والموارد الطبيعيه ، وأقام الاردن كذلك برامج ناجحه في تعزيز دور المحميات الطبيعيه لاعادة توطين ما انقرض من بيئته الطبيعيه مثل ابقار المها العربي والغزال العربي والنعام والأيل الأسمر وغيرها واعياً الى اهمية اعادة النوع الى الهرم البيئي . وتشكلت في الاردن جمعيات غير حكوميه مهمتها التوعيه الاعلاميه البيئيه من منطلق ان حماية البيئة يجب ان تكون مبنية على اساس وعي الجماهير ، وأدْخلت الجامعات المناهج البيئيه المختلفه ضمن خططها ، ليصبح الاردن من الدول السباقه في مجال حماية البيئه

والموارد الطبيعيه .

كما ركّز الاردن على اهمية البحوث العلمية في فهم وتحليل المتغيرات البيئيه ورصد المواد الملوثه المختلفه وأُنشئت المؤسسات البحثيه المتخصصه في هذا المجال . ويعتبر الاردن عضواً في العديد من الاتفاقيات الدوليه كان آخرها التوقيع على اتفاقيه حماية التنوع الحيوي وصيانة التنوع الجيني واشتراك الاردن في الصندوق العالمي لحماية الاوزون .

يجد القارىء ان هذا الكتاب يحتوي على عشرة فصول تبحث في المفاهيم الاساسيه في علم البيئه ويتطرق الى البيئيه التطبيقيه (التلوث) والتنميه والبيئه في الفصلين الأخيرين ، حيث كنا قد وضعنا نصب أعُيننا وضع ماده في العلوم البيئيه البحتّه والاساسيه لِتركيز المفاهيم الاساسيه كما نراها . فجاء هذا الكتاب كحجر أساس لكتب مستقبليه في البيئه التطبيقيه والتنميه . كما آثرنا في الوقت الراهن عدم التركيز على البيئة الأردنيه – إلا في الفصل الاخير – للسبب نفسه وهو ترسيخ المفاهيم العامه العريضه في علم البيئه الاساسي على امل ادراج امثله من بيئة الاردن في كتاب بهذا العنوان في المستقبل القريب ان شاء الله ....

يشكر المؤلفان السيد مصطفى سلطان لطباعة هذا الكتاب ،،،

المؤلفــان

د. عليــاء حاتــوغ بوران – الجـــامعه الاردنيه

محمد حمدان ابو ديه – جامعة العلوم التطبيقيه



الفصل الأول

مدخل إلى علم البيئة

An Introduction to Ecology

١:١ مفهوم علم البيئة Concept of ecology

يُعتبر علم البيئة أحد فروع علم الأحياء الهامة وهو يبحث في الكائنات الحية ومواطنها البيئية ويُعرّف على أنه العلم الذي يبحث في علاقة العوامل الحية (من حيوانات ونباتات وكائنات دقيقة) مع بعضها البعض ومع العوامل غير الحية المحيطة بها .

ولو تحدثنا عن بيئة شجرة الصنوبر كمثال ، سنجد أنها تتأثر بعوامل البيئة المحيطة من تربة ومناخ وعناصر فيزيائية كالجاذبية والضوء (عوامل غير حية) ومن ناحية أخرى فهي على علاقة مع كثير من الكائنات الحية والتي قد تكون دقيقه كالطحالب والفطريات والأُشنات ، وقد تكون كبيرة (كالطيور والزواحف والثدييات) فكلاهما يؤثر في الآخر سلباً أو إيجاباً ، ومحصلة هذه التأثيرات هي بيئة شجرة الصنوبر .

ومصطلح Ecology باللغة الإنجليزية مشتق من كلمة Okologie التي إقترحها عالم الحيوان الألماني Ernst Haeckel (١٨٦٩) لتعني علاقة الحيوان مع المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة . وأصل الكلمة مشتقة من المقطع اليوناني Oikes (بمعنى بيت) وLogos (بمعنى علم) . وفي اللغة العربية فإن كلمة بيئة مشتقة من الفعل الثلاثي بوأ ، ونقول تبوأ المكان أي نزله وأقام به والبيئة هي المنزل أو الحال (المعجم الوسيط) . ويقول جلّ وعلا في مُحكم التنزيل مخاطباً قوم ثمود ﴿ وإذكروا إذ

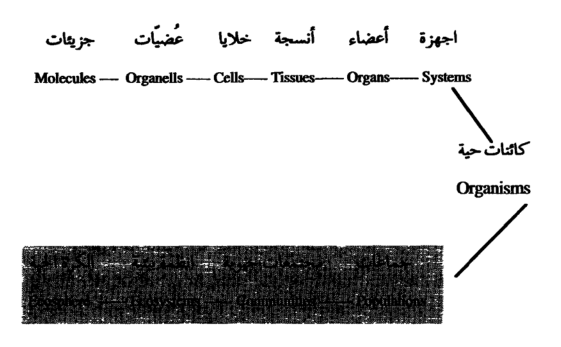
جعلكم خلفاء من بعد عادٍ وبوأكم في الأرض تتخذون من سهولها قصوراً وتنحتون الجبال بيوتاً فإذكروا آلاء الله ولا تعثوا في الأرض مفسدين ﴾ (الأية ٧٤ ، سورة الأعراف) ، ويقول أيضاً ﴿ والذين آمنوا وعملوا الصالحات لنبوئنّهم من الجنة غُرَفاً ﴾ (الأية ٥٨ ، سورة العنكبوت) .

١ : ٢ مجال علم البيئة وعلاقته بالعلوم الأخرى

إن مجال علم البيئة واسع جداً مقارنة بعلوم الحياة الأخرى ، ولإدراك فيما يبحث هذا العلم علينا أولاً التعرف على ما يسمى بالطيف البيولوجي Biological Spectrum (الشكل ١-١) الذي يمثل أولى الخطوات في مفهوم علم الحياة ، حيث تتألف حلقات هذا الطيف من مكونات تُرسم في وضع أفقي ، حيث لا تأخذ حلقة أهمية عن حلقة أخرى . ومن ناحية أخرى يمثل الطيف البيولوجي ترابط هذه الحلقات مع بعضها البعض ، فالمفهوم العام بأنه لا يمكن لعضو معين أن يمارس وظيفة معينة إلا إذا كان ضمن جهاز يضمن له البقاء والاستمرارية . والجماعة السكانية الحياتية لها فرصة بالبقاء أفضل ضمن المجتمع البيئي والمجتمع ضمن النظام البيئي وهكذا حتى يصل المطاف إلى الكرة الحية التي تحوي مجموعة الأنظمة البيئية كلها ، ولولا وجود الكرة الحية لتداعت هذه الحلقات جميعها ولما وجد الطيف البيولوجي والحياة بأكملها .

ويبحث علم البيئة في الأفراد والجماعات والمجتمعات والأنظمة البيئية وحتى في الكرة الحية . وتعرّف الجماعة Population على أنها مجموعة من الأفراد تنتمي لنفس النوع Species ولها القدرة على التكاثر فيما بينها وتقطن منطقة بيئية محددة ، وتمتاز الجماعات بالكثافة السكانية وبالتركيب العمري ومعدل النمو والديناميكية (نسبة المواليد والهجرة الداخلية مقارنة بنسبة الوفيات والهجرة الخارجية) . والمجتمع Community (Biocoenosis =) ما هو إلا تفاعل مجموعة الجماعات التي تعيش في منطقة بيئية محددة مع بعضها البعض . وتمتاز المجتمعات بطبيعتها الفيزيائية وظاهرة التنوع والسيادة والأدوار الوظيفية التي تقوم بها الجماعات المختلفة من خلاله . والنظام البيئي Ecosystem (Biogeocoenosis =) هو تفاعل هذا المجتمع مع العوامل غير الحية التي تحيط به في منطقته البيئية . ويسمى أكبر نظام بيولوجي على وجه الأرض

بالكرة الحية Biosphere والتي تحتوي جميع العوامل الحية وغير الحية الموجودة في اليابسة والهواء والماء .



شكل (١-١) : الطيف البيولوجي ، تمثل المناطق المظللة مجال عمل العالم البيئي بينما تمثل المناطق غير المظللة مجال فروع علم الحياة الأخرى .

ولتسهيل دراسة علم البيئة وتخصيص مجال الدراسة وضعت عدة تقسيمات لعلم البيئة منها :

أ – علم البيئة الفردية Autecology والذي يهتم بدراسة نوع واحد او التداخلات الحيوية في مجموعة مترابطة من الأنواع في بيئة محددة ، ولا بد هنا من إستخدام التجربة في الدراسة سواءً المختبرية او الميدانية لجمع المعلومات البيئية .

ب – علم البيئة الجماعي Synecology وهو نوع من الإتجاه الجماعي في الدراسة ، وفيه تدرس جميع العوامل الحية (جميع أنواع الكائنات الحية) والعوامل غير

الحية في منطقة بيئية محددة ، وقد تكون الدراسة نظرية بناءً على المعلومات المتوفرة من علم البيئة الفردية ، ويقسّم هذا العلم إلى علم البيئة البرية Terrestrial Ecology وعلم البيئة المائية Aquatic Ecology وعلم البيئة البحرية Marine Ecology .

وفي تقسيم آخر ، يقسم علم البيئة إلى علم البيئة الحيوانية Animal Ecology وعلم البيئة النباتية Plant Ecology . وقد إتسعت دائرة علم البيئة لتشمل العديد من الفروع المتعلقة به ومنها إدارة الحياة البرية Wildlife Management وعلم الغابات Forestry وعلم بيئة المتحجرات Paleoecology وعلم المحيطات Oceonography وعلم الجغرافيا الحياتية Biogeography وعلم تلوث البيئة Pollution Ecology وعلم التقانات البيئية Ecological Technology ، وعلم البيئة الفسيولوجي Physio- logical Ecology ... إلخ .

وكغيره من العلوم فإنه يصعب فصل علم البيئة عن غيره من العلوم الطبيعية والبحتة ، فهو مرتبط بكل فروع علم الأحياء إرتباطاً وثيقاً كالفسيولوجيا وعلم الحيوان والنبات والكيمياء الحيوية والوراثة والتطور وعلم السلوك والبيولوجيا الجزيئية والتقانات الحيوية . ويرتبط علم البيئة أيضا بالعديد من العلوم الأخرى ، أهمها علم الإحصاء وذلك لتوزيع البيانات التي يحصل عليها الباحث البيئي توزيعاً إحصائياً ويستخدم الحاسوب في تحليل النتائج وإعطاء أفضل الوسائل لعرضها وتوضيحها ، وكذلك فهو يرتبط بعلم الكيمياء والفيزياء والجيولوجيا والهندسة وله علاقة كبيرة مع علم الصيدلة والطب والزراعة بشتى فروعها .

١ : ٣ نظرة تاريخية ودور علماء العرب والمسلمين في علم البيئة .

إن الدراسة الأولى في علم البيئة إرتبطت مع إنسان ما قبل التاريخ الذي حاول أن يفهم البيئة المحيطة في البحث عن الغذاء وصيد الحيوانات الصالحة للأكل وإيجاد مأوى ضد العوامل غير الحية التي تفرضها الطبيعة . ومن الصعب جداً ان يُفصل الكائن الحي عن بيئته المحيطة ، فبيئة الكائن الحي هي حالته التي يعيشها في موطنه البيئي . ومع تطور حياة الانسان تزايدت أهمية الظروف البيئية وتزايد تأثير الإنسان بها في جميع مجالات حياته .

وقد جاء علم البيئة كإمتداد لدراسات التاريخ الطبيعي والتي كانت تُركز على تسمية الكائنات وإعطاء وصفاً لها ولبيئتها . أما علم البيئة اليوم فيركز على الدور الوظيفي لكل كائن حي في بيئته المحيطة بشكل خاص وفي البيئة العامة بشكل عام .

وقد كان للحضارة اليونانية دوراً مهماً في علم البيئة ، فقد نشر العالم والفيلسوف اليوناني أبو قراط (أبو الطب) (٤٦٠ – ٣٧٧ ق.م) كتاباً بعنوان «عبر الأجواء والمياه والأماكن» On Air, Water & Places إدراكاً منه بتأثير هذه العوامل الثلاثة على حياة الكائنات الحية وخاصة الانسان . وقد كان لأرسطوطاليس (٣٨٤ – ٣٢٢ ق.م) وتلاميذه دوراً كبيراً في كتب التاريخ الطبيعي التي يتحدث فيها عن عادات الحيوانات ووصفها وبيئتها التي تعيش فيها ، ولعل أشهر مؤلفاته في هذا المجال كتاب «الحيوان» وهناك العديد من العلماء اليونانيين الذين بذلوا دوراً عظيماً في مجال علم الحيوان والنبات .

ولعل الفترة التي يشار اليها من قبل بعض علماء الغرب بفترة الركود الفكري والعصور المظلمة قد شهدت أبحاثاً ودراسات كثيرة في علم البيئة قام بها علماء العرب والمسلمين وقد إعترف بها قليل من علماء الغرب المنصفين . ولعل ما يُفهم من عناوين هذه الكتب أنها تتحدث عن الحيوانات والنباتات ، والذي يتفحص محتواها من الداخل يجد أنها تبحث في سلوك وبيولوجية وبيئة هذه الكائنات وكيف تتأثر ببعضها البعض وبالبيئة المحيطة بها . ويُلاحظ في إسهامات علماء العرب والمسلمين في علم البيئة ما يلي:

١ – أنهم إستفادوا من ترجمة علوم اليونان والهند والفرس وغيرهم في ميدان النبات والحيوان ودرسوها وطوروا الكثير من النظريات والآراء العلمية البحتة والتطبيقية ، ووضعوا إسهامات عديدة في علم الحيوان والنبات والبيئة وأرسوا قواعد هذه العلوم للحضارة الغربية الحديثة .

٢ – لقد إستند علماء العرب والمسلمين على التجربة والدراسات الميدانية في الحقل ، لذا نرى أنهم ارسوا ايضاً قواعد البحث العلمي في مثل هذه العلوم وهذا غاية ما يقوم به العلماء المعاصرين .

٣ – أنهم لم يفصلوا بين علم الحيوان وعلم النبات ولم يفصلوا كذلك بين الكثير من العلوم المرتبطة بها كالجيولوجيا والصيدلة والطب وعلم المناخ والتربة والزراعة ، وذلك لإدراكهم بالعلاقة الوثيقة بين الحيوان والنبات والعناصر غير الحية وكيفية الإستفادة من العناصر الحية وغير الحية في الجانب التطبيقي ..

٤ – إن عصر الحضارة الإسلامية لم يكن مظلماً في علوم الحيوان والنبات والبيئة وسائر العلوم الأخرى كما يدعي بعض علماء الغرب ، بل كان مشرقا جداً وكيف ذلك وقد ترجمت وطبعت الكتب المذكورة لاحقاً عدة مرات وما زالت تستخدم كمراجع مهمة في الجامعات الأوروبية والغربية .

والاسهامات التي قدمها العرب والمسلمين كثيرة ويصعب حصرها وسنوردها فيما يلي بناءً على تعاقبها الزمني ، ومن الواجب ذكره هنا ان المعلومات التالية جمعت من كتب الدكتور علي الدفاع (١٩٨٥ ، ١٩٨٦ ، ١٩٨٧) .

لقد درس الأصمعي (٧٤٠ – ٨٣٠م) بعض أصناف الحيوانات البرية والبحرية والأليفة والمتوحشة وقد أسهب في دراسة بيولوجية الخيل والأبل . وقد كان الجاحظ (٧٦٧ – ٨٦٩م) يلاحق الحيوان في بيئته فيصف سلوكه ويتحدث عن بيولوجيته ، ويعد الجاحظ أول من تحدث عن أسس المكافحة الحيوية Biological Control حين قال في كتابه «الحيوان» : «فعلمت ان الصواب في جمع الذباب مع البعوض ، فإن الذباب يفنيه » . هذا المفهوم البيئي له أهمية كمحاولة للسيطرة على الكائنات الحية الضارة بدلاً من إستعمال المبيدات والمواد الكيميائية التي تلوث البيئة . وقد كان الجاحظ ينظر إلى الحيوان عند ولادته فيتحدث عن نشأته وموطنه وكيفية تربيته لصغاره وإطعامهم ، وكان يراقب تأثر الحيوان بالحر والبرد والشمس والظل ، وكذلك يتحدث عن علاقته مع الإنسان ، وحقيقةً هذا ما يفعله علماء البيئة المعاصرين .

وقد أبدع أبو حنيفة الدينوري (توفي سنة ٨٩٤م) في كتاب «النبات» في تصنيف النباتات وشرح بيئتها وأماكن وجودها وقدّر قيمتها الاقتصادية . أما إبن جلجل (٩٧٦ – ١٠٠٩م) فقد ركّز على بيئة الحشائش والأعشاب وإستخداماتها في علم الصيدلة والطب .

ولعل المجريطي (٩٥٠ - ١٠٠٨م) أول من وضع كتاباً أبرز في عنوانه كلمة البيئة وذلك في كتابه «في الطبيعيات وتأثير النشأة والبيئة على الكائنات الحية» والمجريطي يُعد أول من تحدث فيما يُعرف اليوم بمراتب الهيمنة لدى الحيوانات Domi-nance Heirarchy فيتحدث عن الحيوانات بأن بينها رئيساً ومرؤوساً ، فيقول : «إن الحيوانات فيها التفاضل موجود كوجوده في بني آدم وفيها رؤساء وقادة في كل جنس من أجناسها» .

أما ابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٦م) في كتابه «الشفاء» فقد درس الحيوانات المائية والبرمائية وعُني بالحيوانات المائية التي قسمها إلى لجية وشطية ، وقسّم الشطيّة إلى طينية وصخرية . وتحدث إبن سينا أيضا فيما يسمى اليوم بعلم بيئة المتحجرات Paleoecolo-gy حيث إستخدم الأحافير البحرية Fossils إستخداماً صحيحاً للدلالة على أن أجزاء من الارض كان يغمرها البحر في سالف الأزمان . وقد درس إبن سينا بيئة بعض النباتات الطبية وركز على مواطن النباتات من حيث التربة التي تنمو فيها سواءً أكانت مالحة أو غير مالحة .

وقد إهتم إبن البيطار (١١٩٧ - ١٢٤٩م) في كتابه «الجامع لمفردات الأدوية والأغذية» في دراسة النباتات وبيئتها . فقد فحص النباتات في مختلف البلاد وإهتم بوصف هذه النباتات وصفاً دقيقاً كما يفعل علماء التصنيف النباتي في وقتنا الحاضر . أما القزويني (١٢٠٨ - ١٢٨٣م) في كتابه «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات» فقد تحدث عن تأثير البيئة على الحيوان وتحدث عن العلاقات الطيبة والعدائية بين الحيوانات أو ما يُعرف اليوم بالتداخلات الحيوية Biological Interrelationships ، فيقول في حيوان الببر : «حيوان هندي ، أقوى من الأسد ، بينه وبين الأسد معاداة وإذا قصد الببر النمر فالأسد يعاون النمر وبين العقرب والببر مصادقة وربما إتخذ العقرب في شعر الببر بيتاً . ويقول في موضوع البيئة الحيوانية في كتابه «آثار البلاد وأخبار العباد» متحدثاً عن الطيور « والصقر والبازي والعقاب لا تفرخ إلا على رؤوس الجبال الشامخة، والنعامة والقطا لا يفرخان إلا في الفلوات ، والبطوط وطيور الماء لا تفرخ إلا في شطوط الأنهار ... الخ» . ورغم أن علماء الغرب ينسبون علم المشاركة أو التكافل Symbiosis للفيلسوف الألماني جيته ، لأنه تعرّض في كتابه «فاوست» للتكافل بين

نوعين مختلفين من الحيوانات ، إلا أن أبو زكريا القزويني يعدّ أول من تطرق لنظرية المشاركة والتكافل . فقد ذكر في كتابه «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات» أن البير الحيوان الهندي الضخم والذي يفوق الأسد بالقوة صديق للعقرب التي تبني لها بيتاً في شعر البير وأن هناك صداقة قوية بين الذئب والضبع ، وكذلك بين النمر والأفعى. وقد تحدث كمال الدين الدميري (١٣٤٤ — ١٤٠٥) عن علم المشاركة والتكافل بين الأحياء ، فقد جاء في كتابه «حياة الحيوان» عند الكلام عن حيوان الضب «وبينه وبين العقارب مودة ، فذلك يؤويها في جحره لتلسع المتحرش به إذا أدخل يده لأخذه» .

ومن رواد علم الحيوان والنبات الذين لم نتطرق لهم : أبو بكر الرازي وإبن وافد الأندلسي والشريف الإدريسي والغافقي والبغدادي وابن الرومية ورشيد الدين الصوري وابن العوام والنضر بن شميل والسجستاني وأبو عبيدة التميمي ، وكان كل منهم قد قدم إسهامات حقيقية في علم البيئة والتاريخ الطبيعي للحيوانات والنباتات .

واستمرت دراسات التاريخ الطبيعي في الحضارة الغربية ونشأ هناك مجموعتان من الباحثين هما : الطبيعيون القاريون Continental Naturalist والطبيعيون الجزريون Island Naturalist . والعالم V. Humboldt (1804) من الطبيعيون القاريون الذين درسوا التوزيع الجغرافي للنباتات في أمريكا الجنوبية وجمع عينات نباتية وسجل الظروف المحلية كدرجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر . والعالم H. W. Bates (1825-1892) درس مجموعات النمل المختلفة في أمريكا الجنوبية . وقد درس البريطاني Edward Forbes (1815-1854) نباتات وحيوانات البحر الأبيض المتوسط، وقد نشر في عام ١٨٤٦م بحثاً يتعلق ببيئية المتحجرات Paleoecology للجزر البريطانية في البحر الأبيض المتوسط . والعالم السويسري Louis Agassiz (1807-1873) الذي حفز طلاب جامعة هارفارد (أمريكا) إلى العودة إلى الطبيعة بدلاً من الدراسة المختبرية أو الاعتماد على الكتب وقد نشرت أعماله في الكتاب «إسهامه في دراسة التاريخ الطبيعي للولايات المتحدة» . ومن إنجازات Agassiz تأسيس محطة الحيوان عام ١٨٧٣م كأول مختبر بحري في الولايات المتحدة . وقد إندفعت الكثير من الجامعات آنذاك لتأسيس مختبرات بحرية لدراسة الحيوانات المختلفة .

وعالم الطبيعة Charles Darwin (1809-1882) يعد من الطبيعين الجزرين ، حيث قام على ظهر الباخرة المشهورة « H.M.S. Beagle » بزيارة مجموعة من الجزر المتفرقة Galapagos Islands ونشر أعماله في الكتاب :

"Journal of Researches into the Natural History and Geology of Countries visited during the Voyage of H.M.S. Beagle" .

وفي نهاية القرن التاسع عشر برز مصطلح المجتمع البيئي Community والذي يشير إلى تفاعل نوعين أو أكثر من الكائنات الحية في قطعة محددة من البيئة ، وقد نُشر العديد من الدراسات في علم بيئة المجتمعات الحيوية ، وكذلك بيئة المتحجرات Pale-oecology وعلم الجغرافيا الحيوانية Zoogeography وعلم المحيطات Ocenography. وبرز من علماء البيئة الجغرافية في أوروبا العالمان , E.Warming (1895) A.F.W.Schimper (1898) اللذان وضعا أساساً للدراسات البيئية لمجتمعات النباتات. وتطورت دراسات البيئة في أوروبا بشكل منفصل عن أمريكا ، ويعد العالم J.M. Coulter وتلميذه H.C. Cowles من الرواد في دراسة المجتمعات النباتية وظاهرة التعاقب البيئي للنبات Sucession . وفي الجزء الأول من القرن العشرين إحتكرت بعض الجامعات الأمريكية علم البيئة عن طريق علماء مبدعين ومنهم F.C. Clements الذي ركز أيضاً على دراسة التعاقب في المجتمعات النباتية في حين ان العلماء الأوروبيين إهتموا بدراسة المكونات والتركيب والتوزيع للمجتمعات النباتية ومنهم Blanquet (1932) .

ويلاحظ مما سبق ان الاهتمام تركز على دراسة نباتات اليابسة إلا ان دراسات المجتمعات المائية تزايدت بعد أن نشر العالم الأوروبي Thienemann في العشرينات أبحاثه حول مفهوم المستويات الغذائية Trophic levels وعلاقة المنتجات والمستهلكات بذلك . وكذلك يعتبر Forel في الثلاثينات أول من إستخدم مصطلح Limnology والذي يعني دراسة الحياة في المياه العذبه . اما دراسات بيولوجية المياه العذبة في أمريكا فقد تقدمت على أيدي S.A .Forbes و E.A. Birge اللذان درسا عملية التمثيل الضوئي والتنفس والتحلل وقدما قياسات لميزانية الطاقة في البحيرات

وإستخدما مصطلح الإنتاجية الإبتدائية Primary production . كما ويعد R.L Lindeman أول من وضع مفهوم الديناميكية الغذائية Trophic-dynamic في نهاية الثلاثينات . وتبع هؤلاء علماء أبدعوا في موضوع تدفق الطاقة Energy flow ومنهم (1957-1969) Hutchinson. G.E و E.P. Odum والذين درسوا دورات العناصر الغذائية في الطبيعة ، وفي هذا الموضوع برز Ovington (1962) في بريطانيا و Rodin & Bazilevic (1967) في روسيا .

ورغم ان أول من درس علم البيئة هم علماء النبات إلا أن علماء الحيوان اختلفوا معهم على مصطلح علم البيئة والذي أهمل «حسب تعريفهم» موضوع العلاقة بين الحيوان والنبات واستخدموا مصطلح Ethology في سنة ١٨٥٩ ليشير لدراسة العلاقة بين الحيوانات مع بعضها البعض . وقد ساهم العالمان Charles Elton (1927) و(1924) R. Hesse في تطور علم البيئة الحيوانية في أوروبا ، و Charles Adams (1913) و Vector Shelford (1913) في أمريكا .

ويعتبر العالم البريطاني A. Tansley أول من طور مفهوم النظام البيئي ، ثم كانت نظريات Lotka (1925) و Volterra (1926) في ديناميكية الجماعات ، ودرس Gause (1935) العلاقة بين المفترسات والفرائس وعلاقة التنافس ، أما العالم A.J. Nicholson فقد درس العلاقات بين الأفراد في نفس النوع . وقد نشر العالمان Andrewartha & Birch (1954) كتاباً حول التوزيع والوفرة النسبية للحيوانات في بيئات مختلفة . ويعتبر العالم H. Gleason (1917) أول من وضع مصطلح العش (الحيز) الوظيفي Niche وتطور هذا المفهوم على أيدي C. Elton (1927) و G. Hutchinson (1957) . أما العالم Howard فتحدث عن سلوك الإقليمية في الحيوانات الذي يرتبط بعلم السلوك البيئي Behavioral Ecology . وقد ركز العالم Allee (1949) على دراسة البيئة والتي ركزت بدورها على ديناميكية الجماعات وعلاقة المجتمعات مع بعضها البعض وكذلك مع عناصر أخرى .

ثم إتسعت الدائرة لتشمل معظم اساتذة جامعات أمريكا ومن هؤلاء :.G.E Hutchinson , R.L. Smith , A.E. Emersion , T. Park , Orlando Park ,

R. Mac Arthur , H.T. & E.P. Odum . P. Schmidt . وهنا بدأ إتجاه علم البيئة يتحدد بدراسة تركيب المستويات الغذائية وميزانية الطاقة وديناميكية الجماعات ، وفي هذه الآونة إنتشرت المراكز والأبحاث العلمية البيئية وصدر عنها العديد من النشرات والأبحاث البيئية الهامة .

وقد إتسع علم البيئة وتعددت فروعه ونشط الباحثون في كل انحاء العالم وإنتشرت كذلك مراكز أبحاث البيئة والمحميات الطبيعية ، ومع تفاقم مشاكل البيئة في عصرنا الحاضر تدخل الاقتصاديون والساسه كمحاولة للسيطرة على هذه المشاكل فأقاموا المؤتمرات البيئية العالمية والجمعيات البيئية التي تنادي بوقف التلوث وإصلاح ما تم تدميره في النظام البيئي . لذا فقد تكوّن عصراً يمكن تسميته بعصر البيئة The Ecology Era ، فقد إنتشرت المعلومات البيئية في كل وسائل الإتصالات المعروفة لتصل إلى كل مواطن وتحثه على المشاركة في حماية ممتلكاتنا البيئية على كوكب الأرض .



الفصل الثاني

أساسيات النظام البيئي

Principles of Ecosystem

٢ : ١ مكونات النظام البيئي Components of the ecosystem

النظام البيئي هو عبارة عن وحدة تنظيمية في حيز معين تحتوي على عناصر حية وغير حية تتفاعل مع بعضها وتؤدي إلى تبادلٍ للمواد بين عناصرها الحية وغير الحية. لذا فالنظام البيئي بما يشمل من جماعات ومجتمعات ومواطن بيئية مختلفة ، يعني بصورة عامة التفاعل الديناميكي لجميع أجزاء البيئة مع التركيز بصورة خاصة على تبادل المواد بين الأجزاء الحية وغير الحية . ويمثل الموطن البيئي Habitat وحدة النظام البيئي حيث يمثل الملجأ أو المسكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم البيئة من معالم فيزيائية وكيماوية وحيوية ، بينما تعتبر المواطن الدقيقة Microhabitats أصغر الوحدات البيئية المأهولة وتوجد مصطلحات أخرى مثل المناخ الدقيق Microclimate والحيز الوظيفي (النيتش) Niche لتحددا المتغيرات الدقيقة المتداخلة ووظيفة الكائن الحي ضمن النظام البيئي . ويتكوّن النظام البيئي إجمالاً في أبسط صورة من مكونات غير حية Abiotic components ومكونات حية Biotic components تشكّلان معاً نظاماً ديناميكياً متزناً . وسوف نقوم بالإشارة إلى هذه المكوّنات « بالعوامل » Factors نظراً لأنها تؤثر وتتأثر ببعضها البعض ضمن النظام البيئي .

٢:١:١ المكونات (العوامل) غير الحية Abiotic components

١ – المواد اللاعضوية مثل الكربون والأُكسجين والنيتروجين والفوسفور وباقي العناصر الطبيعية.

٢ – المواد العضوية مثل البروتينات ، الكربوهيدرات ، الدهون ، الفيتامينات والأحماض النووية.

٣ – عناصر المناخ كالحرارة والرطوبة والرياح والضوء.

٤ – عناصر فيزيائية كالجاذبية والإشعاع.

وتجدر الإشارة الى أن الفصل الخامس من هذا الكتاب يتحدث باسهاب في العوامل غير الحية..

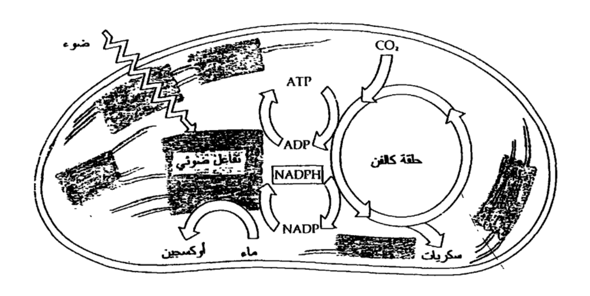
٢:١:٢ المكونات (العوامل) الحية Biotic components

تشمل المكونات الحية جميع الكائنات الموجودة ضمن النظام البيئي المعني بالدراسة من حيوان ونبات وكائنات حية دقيقة ، وتقسم إلى :

أ – المُنتجات Produceres

تحتاج هذه الكائنات إلى الماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح المعدنية ومصدر للطاقة وبعض المعادن لكي تبقى حية ، وتختلف هذه الكائنات عن الكائنات الأُخرى بأنها تقوم بتحويل المركبات غير العضوية ذات الطاقة المنخفضة إلى مركبات عضوية ذات طاقة مرتفعة (كالسكريات) في البلاستيدات الخضراء بواسطة الكلوروفيل ، لذا فهي تسمى بالكائنات ذاتية التغذية Autotrophs . وتعد جميع النباتات الخضراء بما في ذلك الطحالب الدقيقة والمرئية كائنات منتجة (ذاتية التغذية) لانها تمارس عملية التركيب الضوئي . كما أن بعض البكتيريا تُعدّ كائنات منتجة من حيث أنها قد تمارس البناء الضوئي Photosynthetic bacteria أو البناء الكيميائي Chemosynthetic bacteria ، وفي عملية البناء الكيميائي تستطيع البكتيريا إستخدام مركبات كيميائية معينة لتصنع غذائها دون الحاجة للضوء . فمثلاً تقوم بعض أنواع البكتيريا بأكسدة الأمونيا إلى نترات Nitrate والتي بدورها تتأكسد إلى نترايت Nitrite ، وتقوم أنواع أخرى بأكسدة أيونات الحديدوز إلى حديديك ، وينتج عن هذه التفاعلات التأكسدية طاقة

يمكن إستخدامها في البناء العضوي . وتقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئي حيث تستطيع أن تربط ثاني أكسيد الكربون CO_2 بالماء مستخدمة الكلوروفيل والأنزيمات الكامنة في البلاستيدات وطاقة الشمس لإنتاج السكريات والأكسجين وتتضح العملية كما في الشكل (٢-١) .



شكل (٢-١) عملية التمثيل الضوئي في النباتات (Campbell, 1992)

ويعدّ البناء الضوئي المنبع الرئيسي للحياة فهو يمثل القدرة الإنتاجية لجميع النظم البيئية المحتوية على النباتات الخضراء كما هو الوسيلة التي تتحول بواسطتها الطاقة الضوئية إلى طاقة كيماوية . ولا يتم هذا البناء العضوي ببساطة وإنما يتضمن سلسلة متكاملة من التفاعلات الكيماوية التي تحتاج إلى الأنزيمات والعديد من المركبات

الوسيطة المعقدة . ويتضمن البناء الضوئي في باديء الأمر إمتصاص الضوء بواسطة مُركب الكلوروفيل ليصبح جزيئاً نشطاً والذي يحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيماوية على شكل ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات) ، ويتطلب عاملاً مؤكسداً مثل الناقلات الإلكترونية Electron carriers ($NADP^+$) ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل الضوئي Light reaction . أما المرحلة الثانية فلا تعتمد على الضوء وتسمى بتفاعل الظلام Dark reaction (أي الذي لا يعتمد على الضوء بشكل مباشر) أو حلقة كالفن، وفي هذه المرحلة يُستخدم ATP بالإضافة إلى NADPH الناتجة من التفاعل الضوئي . ويتحد الهيدروجين بثاني أكسيد الكربون ليؤدي إلى إتحاد كيميائي للكربون والهيدروجين والأكسجين والذي يمر بتفاعلات عديدة إلى أن يُعطي الجلوكوز . ويعتبر الجلوكوز اللبنة الأساسية لبناء مركبات عضوية معقدة أكثر مثل السكريات الثنائية والنشويات والدهون والبروتينات والفيتامينات .

يحتاج بناء البروتين إلى النيتروجين أيضاً وقد يحتاج للكبريت ، كما وتحتاج الأحماض النووية إلى الفوسفور والنيتروجين ، لذا فالكربون والأكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكبريت والفوسفور تمثل أهم العناصر الكيميائية لصناعة المواد العضوية الحيوية .

ب – المُستهلكات Consumers

وهي التي تستعمل المواد العضوية المُنتجة من قِبل الكائنات ذاتية التغذية سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة وبذلك تُعتبر غير ذاتية التغذية Heterotrophs لأنها غير قادرة على إنتاج مركباتها العضوية اللازمة للأغراض الغذائية الأساسية . وتشمل الحيوانات والفطريات وبعض الطلائعيات ومعظم البكتيريا . وتصنف الكائنات الحية المستهلكة حسب مصدرها الغذائي إلى :

١ – آكلات الأعشاب Herbivores

كائنات حية مستهلكة تتغذى على النباتات : كالمواشي وأنواع من القوارض والغزلان والطيور آكلة البذور ، والحشرات ، وهناك بعض الكائنات المائية التي تتغذى على الهوائم النباتية (الطحالب) وجميعها تُعتبر مستهلكات أولى .

٢ – آكلات اللحوم Carnivores

كائنات حية مُستهلكة تتغذى على اللحوم ويختلف مستوى الغذاء لآكلات اللحوم ، فقد يُعدّ مُستهلكاً ثانياً أو ثالثاً حسب دوره الغذائي في سلسلة الغذاء . فمثلاً يتغذى العقرب المائي (مُستهلك ثاني) على القشريات وقد يؤكل من قِبل ضفدع ، وهذا قد يؤكل من قِبل سمكة صغيرة تُفترس من قِبل سمكة أكبر وأخيراً يتغذى العقاب (مستهلك سادس) على هذه السمكة .

٣ – آكلات الأعشاب واللحوم Omnivores

كائنات حية مُستهلكة تتغذى على النبات والحيوان معاً وتسمى الكائنات القارتة وهي بذلك يمكنها أن تكون مستهلكات أولى وثانية وثالثة في نفس الوقت ، ومنها الإنسان . فالإنسان الذي يأكل الخضار يسمى مُستهلكاً أولاً والذي يأكل لحوم المستهلكات الأولى يُعتبر مستهلكاً ثانياً ، وقد يكون مُستهلكاً ثالثاً عندما يتغذى على لحوم مُستهلكات ثانية كالأسماك ، وكذلك الحال بالنسبة للعديد من الكائنات الحية .

والطفيليات التي تنتمي إلى المُستهلكات تُعد كائنات متخصصة غير ذاتية التغذية تتطفل على الكائنات الأخرى في غذائها . وبالنسبة إلى تدفق الطاقة عبر النظام البيئي تتخذ الطفيليات النباتية نفس المستوى الغذائي لآكلات الأعشاب وتتخذ الطفيليات الحيوانية نفس المستوى الغذائي لآكلات اللحوم . أما الحيوانات الكنّاسة أو آكلة القمامة Scavengers مثل النسور والضباع فهي تمثل دور آكلة اللحوم لكنها تتغذى على الحيوانات الميتة .

جـ – المُحلِلات Decomposers

وهذه الكائنات لايمكن إعتبارها ذاتية التغذية حيث أنها لا تصنع غذائها من مواد لا عضوية ، ولا يمكن أيضاً أن نعتبرها كائنات مُستهلكة حيث أنها لا تتناول طعاماً جاهزاً بل إنها تقوم بتحليل الكائنات الحية بعد إنتهاء عملية التحلل الذاتي Autolysis (التي تحدث داخل الكائن الحي بعد الموت مباشرة) وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لحياتها . وتشمل المحللات البكتيريا والفطريات التي تمتص ما تحتاج إليه من مواد عضوية مُحللة عن طريق غشائها الخلوي مباشرة . وتُصنّف إلى ثلاثة أنواع حسب

متطلبات الأكسجين :

١ – الكائنات الدقيقة الهوائية Aerobes

وتحتاج هذه الكائنات المحللة إلى الأكسجين الكافي لإستمرار حياتها ونشاطها ، كما في المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

وعملية التحلل الهوائي تشبه عملية التنفس داخل الخلايا الحية إذ تتحلل المادة العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون والماء وهي أيضاً عكس تفاعل التمثيل الضوئي من حيث المتطلبات والمُنتجات النهائية للتفاعل . لذا يُعرف التحلل الهوائي أحيانا بتنفس النظام البيئي .

٢ – الكائنات الدقيقة اللاهوائية Anaerobes

وتحتاج لإستمرار حياتها ونشاطها وسطاً لا يتوفر فيه الأكسجين مثل بكتيريا الميثان التي تُحلل المواد العضوية والكربونات إلى غاز الميثان عند عدم وجود الأكسجين .

٣ – الكائنات الدقيقة الإختيارية Facultative anaerobes

وهي تلك التي تستطيع أن تُكيّف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه ، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائية وإذا لم يتوفر أصبحت لا هوائية مثل بكتيريا التربة (*Aerobacter*) .

كما ويشارك في عملية التحلل العديد من الكائنات الحية إلى جانب البكتيريا والفطريات . ويبدأ التحلل عادة بالحيوانات الكبيرة التي تتغذى على القمامة (الحيوانات الكنّاسة) التي تُقطّع الجثث إلى قطع أصغر . وتأتي حيوانات كنّاسة أخرى أصغر من الأولى فتقطّع الجثث إلى قطع أصغر نسبياً . ومن ثم يأتي دور الحيوانات اللافقارية كالحشرات والديدان التي تقوم بتقطيع وتصغير الكتل العضوية ، مما يؤدي إلى زيادة المساحة المعرضة للتحلل (من قِبل الفطريات والبكتيريا) . وعادة ما تعمل هذه الكائنات جميعاً في نفس الوقت ، إلا أن الدور البارز للحيوانات اللافقارية يأتي بعد

الحيوانات الفقارية . وتتوفر الكائنات المُحللة بصورة هائلة في الطبيعة ، حيث تتوقف الأعداد على أنواع التربة ومستويات الرطوبة والحرارة والمادة الغذائية وغيرها من العوامل البيئية . ولا يمكن لنوع معين من البكتيريا والفطريات بصورة عامة إنجاز عملية التحلل بمفرده . ولتوضيح ذلك نأخذ تحلل الحليب حيث تقوم أنواع مختلفة من البكتيريا (أهمها *Streptococcus lactis*) بتحويل اللاكتوز إلى حاض اللاكتيك ، ويتوقف عملها عند إزدياد درجة الحموضة . ويستمر التحويل بواسطة بكتيريا اللبن العصوية (*Lactobacillus*) التي تتحمل الحموضة الزائدة . ويعقب ذلك عمل مختلف لأنواع من الأعفان وما تفرز من خمائر لتحويل حامض اللاكتيك إلى CO_2 وماء . ثم يأتي دور بكتيريا (*Pseudomonas*) التي تحلل بروتينات الحليب إلى أمونيا ومركبات نيتروجينية بسيطة . بالإضافة إلى التحلل تقوم المُحللات بإنتاج تراكيب أيضية تؤثر على الكائنات الحية الأخرى مثل المضادات الحيوية (Penicillin) التي يفرزها فطر *Penicillium* والتي بدورها تثبط حياة بعض أنواع البكتيريا . وتعرف هذه التراكيب بالهرمونات البيئية Environmental hormons والتي عادة ما يكون لها تأثير مُنظِم على الأحياء .

٢:٢ أنواع النظم البيئية Types of Ecosystems

٢:٢:١ التقسيم على أساس المكونات الحية وغير الحية

تقسّم النظم البيئية من ناحية توفر المكونات الحية وغير الحية إلى قسمين :

أ – نظام بيئي طبيعي (متكامل) : ويشار له أحياناً بالنظام البيئي المفتوح Open system وهو الذي يحتوي على جميع المكونات الأساسية الأولية المذكورة سابقاً (الحية وغير الحية) مثل الغابة والمستنقع والنهر والبحيرة .

مثال ١ :

تعتبر برك المياه (الشكل ٢-٢) مثالاً سهلاً يوضح مكونات النظام البيئي الطبيعي. فلو أردنا دراسة البركة فإننا نلخص مكوناتها كنظام بيئي بالآتي :

١ – العوامل غير الحية : وتشمل المواد العضوية وغير العضوية مثل الماء ، ثاني أكسيد الكربون ، الأكسجين ، الكالسيوم ، النيتروجين ، أملاح الفوسفور ، أحماض

أمينية والدبال Humus . ومن الجدير ذكره أن جزءاً بسيطاً فقط من هذه التراكيب تستفيد منه الكائنات الحية وهو الذي يكون ذائباً في الماء ، أما الجزء الأكبر فهو مخزّن في الرواسب القاعية ، ومع ملاحظة أن هناك إنسياب بطيء للمواد الغذائية من الرواسب إلى الماء وهذه العملية مهمة جداً في تنظيم معدل فعالية النظام البيئي .

٢ – العوامل الحية

أ – المُنتجات : تكون الكائنات المُنتجة في البركة على نوعين :

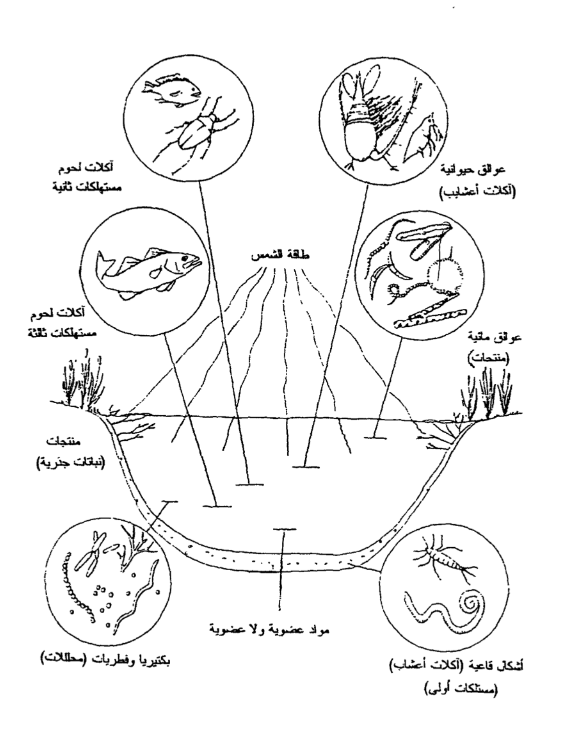
– نباتات لها جذور Rooted aquatics, أو نباتات طافية كبيرة الحجم Float-ing aquatics.

– نباتات طافية دقيقة الحجم وتمثلها الطحالب ويطلق عليها إسم الهوائم النباتية Phytoplanktons ، وتتوزع في المنطقة المضاءة من ماء البركة لتقوم بعملية التركيب الضوئي . وقد يُلاحظ اللون الأخضر للبرك الذي يتسبب عن وجود الهوائم النباتية ، ومن الجدير بالذكر أن هذه الهوائم لها أهمية كبيرة في صناعة المواد الغذائية عن طريق عملية التركيب الضوئي (= التمثيل الكلوروفيلي) .

ب – المُستهلكات : مثل الحشرات ويرقاتها ، القشريات ، والأسماك . وتتدرج مستويات المُستهلكات من المستهلكات الأولى وهي العوالق الحيوانية Zooplanktons والمُستهلكات الثانية التي تتغذى على آكلات الأعشاب كالأسماك الصغيرة وبعض الحشرات ، والمُستهلكات الثالثة وهي الأسماك الكبيرة التي تتغذى على المُستهلكات الثانية .

جـ – المُحللات : تتجمع البكتيريا والفطريات المُحللة في قاع البركة حيث تتراكم بقايا النباتات والحيوانات (عند تداخل الطين والماء) . وعندما تكون درجة الحرارة مناسبة يبدأ التحلل بسرعة وتعود المواد الأولية إلى رواسب البركة أو قد تذوب في الماء لتُغذي المُنتجات ولتستمر الحياة في هذا النظام البيئي .

ب – نظام بيئي غير متكامل : ويشار له أحياناً بالنظام البيئي المغلق Closed Ec-osystem وهو الذي يفتقر إلى واحد أو أكثر من المكونات الأساسية مثل الأعماق السحيقة للبحر والكهوف المغلقة حيث تشترك في كونها لا تحتوي الكائنات المنتجة لعدم توفر مصدر الطاقة الشمسية .



شكل (٢-٢) بركة مياه عذبة ، نظام بيئي مفتوح (Villee, 1985)

مثال ٢ :

تعتبر الأعماق السحيقة للمحيط مثالاً لنظام بيئي غير متكامل من حيث أنه يَفْتقر إلى الكائنات المُنتجة بسبب الظلام الدامس . فتعيش أكلات القمامة والكائنات المُحللة على ما يسقط من مواد عضوية ونباتية وحيوانات ميتة من الطبقات العليا للمحيط ، وقد توجد أيضاً كائنات مُفترسة للتغذي على آكلات القمامة . ومن هنا يعتمد النظام البيئي على الإنتاج الخارجي ، أي التساقط من المستويات الأعلى ، وقد تتواجد قلة من البكتيريا ذات البناء الكيميائي لكنها لا تستطيع أن تنتج كمية فعلية من المادة العضوية . وتوجد حالة شبيهة في الكهوف حيث يمنع الظلام الدامس من نمو النباتات الخضراء ، وهنا أيضاً قد توجد قلة من البكتيريا ذات البناء الكيميائي ولكنها لا تُنتج كمية محسوسة من المادة العضوية . وقد يدخل إلى الكهف كمية من الغذاء المُنتج خارجاً عن طريق تسرب المياه . وعملياً لابد لجميع الحيوانات التي تسكن الكهوف مبارحة الكهف بحثاً عن الغذاء كما تفعل الخفافيش والأرانب والقوارض وبعض الكائنات المفترسة .

٢:٢:٢ التقسيم حسب مصدر الطاقة

تُقسم النظم البيئية من ناحية مصدر الطاقة المُحرِّكة للنظام البيئي إلى ثلاثة أقسام:

١ – نظام بيئي طبيعي يُدار بالطاقة الشمسية مثل المحيطات المفتوحة والغابات .

٢ – نظام بيئي بشري يُدار بالطاقة الشمسية حيث يقوم الإنسان تبعاً لمصالحه المعيشية بإستبدال النباتات الطبيعية ببعض المحاصيل الزراعية ويضيف إليها مواد جديدة كالأسمدة والمبيدات الحشرية ومن أمثلتها البساتين والحقول الزراعية ، وهذا النوع ساهم في تلوث البيئة وأضر بعناصرها الحيوية وغير الحيوية .

٣ – نظام بيئي صناعي يُدار بطاقة الوقود ، حيث تعتمد طاقة هذا النظام على مصدر غير الشمس كالكهرباء والوقود وغيرها . ومن أمثلته المدن ومجتمعات المصانع الكبرى ، وهذا النوع هو الذي أدى إلى تلوث البيئة بشكل مباشر .

وفيما يلي الفروقات الأساسية بين النظام البيئي الطبيعي والأنظمة الأخرى :

١ – تُعدّ الشمس مصدر الطاقة في النظام البيئي الطبيعي وهو مصدر لا ينضب ولا يسبب أي نوع من التلوث ، في حين يستمد النظام البيئي البشري طاقته من مصادر تسبب التلوث وتؤدي إلى إستنزاف مصادر الثروة الطبيعية مثل الفحم الحجري والبترول .

٢ – تتوفر الحلقة المُحللة في النظام البيئي الطبيعي التي تقوم بتحليل جميع مخلفات النظام البيئي في حين لا تتوفر هذه الحلقة غالباً في النظام البيئي البشري . كما يتميز النظام البيئي البشري بتوفر كمية هائلة من المواد السامة المضرة بالبيئة مثل المبيدات والفضلات المختلفة كثير منها غير قابل للتحلل .

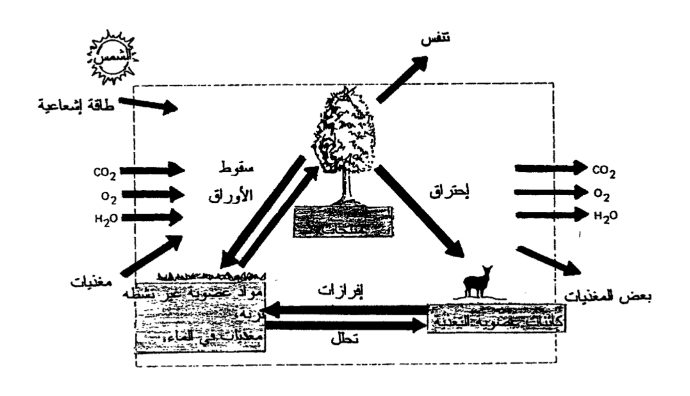
٣ – يشمل النظام البيئي البشري على عدد من النُظم الفرعية وهي النُظم الإجتماعية والسياسية والثقافية والتكنولوجية والإقتصادية ، وهذه النُظم تعمل على زيادة الإنتاج وتوفير رفاه العيش للإنسان .

٢:٣ إتزان النظام البيئي Ecosystem homeostasis

إن إتزان مجموعة الأنظمة البيئية الموجودة في الكرة الحية أمر ضروري لإستمرارية الحياة . وإتزان النظام البيئي يعني التوازن في مجمل الدورات الغذائية الأساسية والمسالك المتداخلة للطاقة داخل نظام بيئي ما . وهذا يتطلب أن تكون جميع نواحي عمل النظام البيئي في إتزان ، ولذا لابد أن يكون هناك توازناً بين الإنتاج والإستهلاك والتحلل داخل النظام . ويوجد الإتزان في جميع مستويات التنظيم الحيوي، فلو أخذنا الإتزان داخل الفرد فنلاحظ أن هناك إنتظاماً للعمليات الجسدية والوعائية والأيضية عن طريق تنظيم نبضات القلب والتنفس ودرجة حرارة الجسم ، كما يوجد هناك تداخل وتآزر بين الضبط العصبي والهرموني في النمو والتكاثر والسلوك ، لذا فالفرد قادر على مقاومة التغيرات البيئية الناتجة عن الوسط المحيط .

وإذا أخذنا مفهوم الإتزان على مستوى النظام البيئي فإننا نبحث في مدخلات بيئية Inputs تأتي من الوسط المحيط كالطاقة الشمسية وثاني أكسيد الكربون والأكسجين والماء والعناصر الغذائية ، ومخرجات بيئية Outputs تُطرح في الوسط

المحيط وتشمل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والماء وعناصر غذائية وطاقة حرارية مفقودة من عملية التنفس (الشكل ٢-٣) . وحتى يتحقق الإتزان يجب أن يتوفر شرط التعادل في معدل دخول المُدخلات وخروج المُخرجات .



شكل (٢-٣)

مكونات النظام البيئي ومفهوم الإتزان .

يمثل الخط المتقطع حدود النظام البيئي . (Smith ,1980)

ويتحقق الإتزان في عمليات التنظيم داخل المجتمعات النباتية والحيوانية عن طريق التغذية الراجعة Feedback Mechanism والتنظيم الذاتي Self - regulation .
وكمثال على مفهوم التغذية الراجعة، النشاط العضلي الذي يزيد من تركيز ثاني أكسيد الكربون ويقلل من مستويات الأكسجين في الدم وهذا يحفّز الإسراع في نبضات القلب ومعدلات التنفس مما يساعد على طرد CO_2 وأخذ الأكسجين من الهواء .
وعندما تعود مستويات O_2, CO_2 إلى وضعها الطبيعي العادي تعود أيضاً معدلات نبض القلب والتنفس إلى الوضع العادي ، وهكذا يبقى النظام في توازن ذاتي يعتمد على التغذية الراجعة لكي يسد إحتياجات الفرد الأيضية . وما حصل هنا هو تراكم للمخرجات في داخل الجسم (حالة تغير) مما أدى إلى زيادة معدل دخول المُدخلات للسيطرة على هذا التغير وتستمر التفاعلات الأيضية ويستمر طرد المُخرجات حتى يتعادل معدل دخول المدخلات مع طرح المخرجات .

هناك إتزان مماثل في النظام البيئي المائي وعلى سبيل المثال تؤدي الزيادة في درجة حرارة الماء في فصل الربيع والتي تزيد من معدل النشاط الأيضي في النباتات والحيوانات المائية إلى زيادة في CO_2 ونقص في O_2 ، وإزدياد نسبة CO_2 ودرجة حرارة الماء يزيد من سرعة البناء الضوئي ، وهذا يؤدي إلى إستهلاك CO_2 وإنتاج الأكسجين ، وهكذا يميل CO_2 , O_2 إلى العودة إلى الحدود المناسبة . أما إذا إنحدرت درجة الحرارة وإنحدر معدل النشاط الأيضي وإستُهلك كل ما هو متوفر من CO_2 الذائب في الماء عندئذٍ يتحدد نمو النبات حتى يضيف التحلل مزيداً من CO_2 الذائب في الماء وهذا بحد ذاته يعتبر إتزاناً في النظام الحيوي . وعلينا أن نتصور مدى التعقيد في النظام البيئي عندما نأخذ في الإعتبار مئات الأنواع من النباتات والحيوانات المتفاعلة على الإحتياجات المشتركة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والضوء والمواد الغذائية الأولية وموارد أخرى عديدة. ومن المثالين السابقين يظهر مفهوم التغذية الراجعة حيث يؤثر معدل النواتج أو المُخرجات بشكل راجع على معدل المتفاعلات أو المُدخلات وبالتالي يتحقق الإتزان .

ويستطيع النظام البيئي الإستجابة للتغيرات البيئية عن طريق الجماعات السكانية التي تشكل النظام البيئي (العوامل الحية). ويتم ذلك عن طريق تعديل فسيولوجية أو

سلوك هذه الكائنات بما يتناسب مع الوضع الجديد . ولعل الحجم السكاني للجماعة الناجحة يرتبط إرتباطاً وثيقاً مع عدد الأفراد الذين يمكنهم الإستمرار مع وجود الظروف البيئية الصعبة . وتستطيع الأنظمة البيئية أن تستجيب للتغيرات أو تأرجحات الوسط المحيط فقط عن طريق الجماعات السكانية Populations ، وبالأخص عن طريق الأفراد Individuals الذين تتألف منهم هذه الجماعات السكانية . معنى ذلك ان إتزان النظام البيئي يبدأ من مقدرة الأفراد الفسيولوجية والسلوكية للتعامل مع المتغيرات . ولعلنا نستنتج ان مستوى نجاح النظام البيئي للتعامل مع تأرجحات العوامل المختلفة ينبع أساساً من قابلية الأفراد ليس فقط للتعامل والتفاعل مع التغيرات وإنما إنتاج أفراد قادرين على التعامل مع المتغيرات في الوسط المحيط .

وتختلف الجماعات في معدل إستجابتها للظروف البيئية ، فهناك بعض الجماعات التي تستجيب بسرعة للظروف البيئية الإيجابية كتوفر الغذاء مثلاً وتتأثر بشدة بالظروف البيئية السلبية كالجفاف ، ومن الأمثلة على هذه الجماعات النباتات الحولية والحشرات والفئران . ومن جهة أخرى هناك جماعات تكون أقل إستجابة للتغيرات ، فلا تتأثر معدلات الولادة أو الوفيات أو الهجرة بشكل حاد ، ومن الأمثلة على هذه الجماعات الأشجار الكبيرة والحيوانات الثديية الكبيرة .

وللنظام القدرة الذاتية على البقاء Persistence تحت ضغط التغيرات المحيطة ، وهنا قد يمارس النظام البيئي دوره بطريقتين لتحقيق العودة إلى الإتزان الطبيعي :

١ – المرونة البيئية **Ecological Resilience** : وهي القدرة على إمتصاص التغير ومن ثم البقاء ومن ثم العودة إلى الوضع الطبيعي عند تحسن الظروف . ومن هذا المفهوم نستنتج أن تأرجح الجماعات السكانية تحت تأثير تغيّر مُعين لا يعني أن النظام البيئي قد إنتكس بل أن أمامه فرصة لإسترداد عافيته إذا كانت الأفراد التي يتألف منها النظام البيئي متكيفة ومرنة .

ومن المعلوم بأنه لأي ظاهرة بيئية يوجد العديد من الطروحات والزوايا المختلفة لتفسيرها ، ولعل مسألة الإتزان البيئي تحتل الحيز الأكبر من النقاش وإرساء الفرضيات من قبل العلماء والمدارس البيئية المختلفة لتعليل هذه الظاهرة . فنرى ان مجموعة من

العلماء تقول بأن أهم نقطة يرتكز عليها إتزان النظام البيئي هي السرعة في العودة إلى نقطة الأصل (الحالة العادية) بعد التعرض لمؤثر معين ، وبناء على هذه الفرضية فإن المراعي مثلاً هي أكثر إتزاناً من الغابات ، فقط لمجرد أن المراعي والأعشاب تستطيع أن تعود إلى ما كانت عليه بعد التعرض لحريق مثلاً بسرعة اكبر من النظام البيئي الغابي . أي أن مرونتها أكبر من مرونة الغابات وهكذا . ويمتاز النظام سريع المرونة بقدرة التزاوج والتناسل بكثرة بحيث يتم إكثار العدد في زمن قصير وتعويض النقص في الجماعة السكانية ، وبالتالي البقاء رغماً عن الظروف البيئية .

٢ – المقاومة البيئية **Ecological Resistance** : وهي قدرة النظام البيئي على مقاومة التغير بأقل ضرر ممكن ، وتنتج المقاومة من مكونات النظام البيئي نفسه . وعادة ما يمتاز النظام المقاوم بقدرة حيوية عالية وبطاقة مخزنة تساعد على البقاء فيستطيع نظام الغابات مثلاً أن يقاوم درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة وكذلك الجفاف وإنتشار الحشرات الفصليّ، وذلك لتمكن هذا النظام من إستخدام الطاقة المخزنة في أنسجته لاسترداد عافيته . وعلى سبيل المثال فإن حالة التجمد التي تحدث في أول الربيع يمكن أن تقضي على الأوراق حديثة النمو إلا أنه يمكن للأشجار أن تورق من جديد بعد زوال المؤثر . ولكن لنفرض أن هذه الأشجار تعرضت لحريق ضخم أو قطع جائر كثيف فسوف لا يظهر هذا النظام مرونة كافية وتكون عملية العودة للوضع الطبيعي بطيئة جداً ويوصف هذا النظام بأنه مقاوم قليل المرونة .

ويوجد إتجاه آخر من قبل المدرسة الأساسية البيئية لبحث ظاهرة الإتزان عن طريق دراسة مكونّات النظام البيئي والسلسلة الغذائية ، حيث يبرز علماء البيئة هنا سلبية إختفاء النوع أو الأنواع من السلسلة الغذائية والتي تعتبر على حد رأيهم من العوامل التي تدفع بنظام متزن إلى حالة عدم الإتزان .

ووجهة النظر هنا ان النظام البيئي المتزن هو النظام الذي تكون مكوناته الحياتية (بشكل خاص) متكاملة إلى أقصى حد ، وان إختفاء أو إنقراض أو هجرة الأنواع نتيجة للملوثات أو التعدي على مساحات الطبيعة بسبب العمران والصناعة هو من مسببات إختلال التوازن البيئي . حيث ان لكل نوع وظائفه المختلفة في السلسلة البيئية

عدا عن دوره في عملية نقل الطاقة من مستوى إلى آخر ، فإختفاء النوع أو الأنواع يُحدث فجوة (فراغ) في البيئة من شأنها أن تعطل مسار الطاقة الطبيعية ، وبفقدان الطاقة أو تشتتها يعتبر العلماء ان النظام غير متكامل وبالتالي غير متزن . ولعل هؤلاء العلماء هم الأوائل الذين أرسوا فكرة إعادة توطين الأنواع في بيئتها الطبيعية حتى تسير الطاقة وتتدفق بشكل طبيعي ويعود النظام البيئي إلى إتزانه الطبيعي .

ويُعتبر العالم Krebs (1980) من العلماء الذي تطرقوا بعمق لظاهرة الإتزان البيئي حيث بيّن وجود مفهومين أساسيّن للإتزان البيئي : المفهوم الأول وهو ما يسمى بـ الإتزان المحلي Local stability والمفهوم الثاني أطلق عليه إسم الإتزان العام (الشامل ، العالمي) Global stability .

ومن ناحية أخرى فإن النظام البيئي المائي لا يملك قوة تخزين حيوية أو طاقة مرتفعة عند تعرضه لملوثات خارجية عن طريق السيول والأنهار المُلوثة بالفضلات لذا فهو يتأثر بسرعة ، وعند توقف هذه الملوثات فإنه يعود تدريجياً لوضعه الطبيعي . وتُعدّ بحيرة واشنطن في الولايات المتحدة مثال على ذلك ، فعندما صُبت المياه الملوثة فيها إزداد حجم المُدخلات وخصوصاً من مادة الفوسفور مما أدى إلى فقدان بعض أنواع الدايتومات Diatoms وأنواع أخرى من الطحالب الدقيقة ، وفي المقابل إرتفع معدل نمو الطحالب الخيطية الكبيرة لتعطي مياه البحيرة لوناً أخضر . وقد تمت السيطرة على هذه المشكلة البيئية بوقف تدفق المياه الملوثة إلى البحيرة فإنخفض مستوى الفوسفور تدريجياً حتى عاد لوضعه الطبيعي . ويمكن وصف هذا النظام بأنه قليل المقاومة وذا مرونة عالية . ولعله من المهم إستخلاص الملحوظتين التاليتين حول إتزان الأنظمة البيئية:

أولاً : أن معظم الأنظمة البيئية تتصف إما بالمرونة وإما بالمقاومة ونادراً ما تتصف بالميزتين معاً وعادة ما يكون النظام البيئي المقاوم قليل المرونة والنظام المرن قليل المقاومة.

ثانياً : أن النظم البيئية لها القدرة على أن تؤدي قدراً معينا من التنظيم الذاتي ضمن قدرة احتمالها ، ولكن إذا حَدَث تجاوز لهذه الحدود فلن يعود في مقدورها أن تؤدي وظيفتها ، وعندئذٍ قد تعاني من مختلف أنماط التغير والتضرر والإضمحلال . وعلى سبيل المثال فإن إستمرارية تدفق المياه الملوثة في البحيرات العذبة يؤدي

لإزدياد نمو الطحالب ، إزدهار العوالق الحيوانية ومن ثم يسود تحلل مُضطرد يؤدي لإنتاج مواد سامة وإستنزاف الأكسجين ومن ثم موت الأسماك والحيوانات المائية .

وكما أشرنا سابقاً فإن إتزان النظام البيئي يرتبط بالإستجابات التكيفية Adaptations للأفراد في الجماعات تحت تأثير التغيرات وتكون الإستجابة بالتغير في السلوك أو الفسيولوجية أو الشكل الخارجي .

وتختلف قدرة الكائنات الحية على التكيف ، وفي جميع الأحوال فإن الكائنات الأقدر هي التي تساهم بشكل أكبر في مستقبل الأجيال لنظام بيئي محدد بحيث تعطي ذريّة كبيرة مقاومة ، ويعرف هذا باللياقة Fitness . ويكون التغير في النظام البيئي بإزدياد أو نقص اللياقة عند الأفراد ، وهذا التفاوت في القدرة على الإنتاج بين الأفراد يعرف بالإنتخاب الطبيعي Natural selection ، ومع زيادة التكيفات في الأفراد عبر الأزمان تظهر ظاهرة التطور في النظام البيئي Evolution . ومن هنا فإن إتزان النظام البيئي يأتي من تطور عناصره مع الزمن بحيث تزداد القوة والخبرة لدى أفراد النظام الحياتي في مقاومة التغيرات البيئية .

٢:٤ تطور النظام البيئي (التعاقب Succession)

أن التغير في العوامل الفيزيائية و / أو الحية في منطقة ما يسبب تغيراً في المجتمعات الحية والذي يعرف بالتعاقب ، وهو تطور منظم في الأنظمة البيئية يتسبب عن نشوء مجتمع حيوي بدلاً من مجتمع حيوي سابق في نفس المكان . ويمكن ملاحظة التطور في النظام البيئي في بحيرة حديثة التكوين حيث تمر بالمراحل التالية :

١ – تتكون الخضرة داخل البحيرة نتيجة إنتشار الطحالب فيها .

٢ – تستوطن جماعات القشريات والرخويات والحشرات المائية وبعض الديدان.

٣ – ثم تلحق بها جماعات من البرمائيات والأسماك .

لذا تتغير البحيرة تدريجياً مع تراكم المواد العضوية في القاع وثراء المياه بالمواد الغذائية . وتتجه الأنظمة البيئية بشكل طبيعي نحو تكوين مجتمعات مستقرّة تحتوي

على أكبر كمية من المادة الحية . وتعرف المراحل التطورية بالأطوار التسلسلية Serial Stages ، ويعرف المجتمع الأخير والأكثر إستقراراً بمجتمع الذروة Climax . وتمتاز الأطوار المبكرة بإنتاجية عالية وتنوع قليل في النباتات والحيوانات كما تكون أقل إستقراراً من الذروة وأكثر عرضة للتغير البيئي المفاجيء.. وسنبحث لاحقاً موضوع التعاقب في المجتمعات النباتية والحيوانية بتفصيل أوسع .

الفصل الثالث

تدفق الطاقة في النظام البيئي

Energy Flow in The Ecosystem
(=Ecosystem Metabolism)

٣: ١ مصدر الطاقة للنظام البيئي الطبيعي The natural source of energy

ترتبط الطاقة بقوانين الديناميكا الحرارية حيث ينص القانون الأول على أن الطاقة عملية فيزيائية أو حيوية لا تفنى ولا تتجدد (في أي عملية فيزيائية أو كميائية أو حيوية) وإنما تتغير من شكل إلى آخر . وعلى سبيل المثال يعتبر الضوء من أشكال الطاقة حيث يمكن له أن يتحول إلى طاقة حركية أو حرارية أو وضعية (مختزنة) كما في النباتات الخضراء . وينص القانون الثاني على أن الطاقة تتسرب وتتبعثر أثناء عملية التحول من شكل إلى آخر ، وعادة ما يكون التسرب على شكل حرارة تنتقل إلى المحيط المجاور ليستفاد منها كأي شكل من أشكال الطاقة (الشكل ٣-١) .

إن المصدر الأساسي للطاقة لجميع للكائنات الحية هو الشمس التي ترسل إشعاعاً مكوناً من أمواج كهرومغناطيسية تقاس بالنانوميتر . وتختلف أطوال الموجات الكهرومغناطيسية ، ولتوضيح ذلك يتكون الإشعاع الشمسي من ثلاث مجموعات رئيسية وفقاً لأطوال الموجات وهي :

١ – الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet light : تقل موجاتها عن ٤٠٠

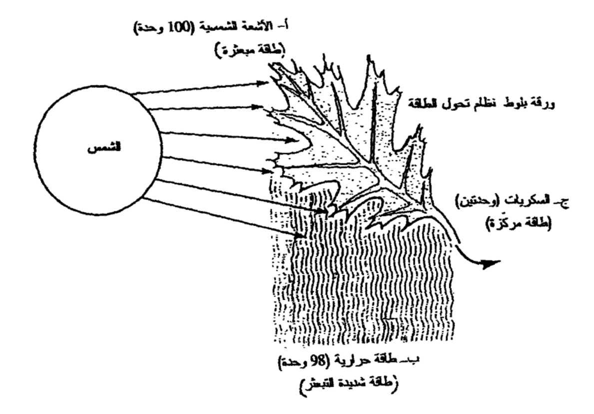
نانوميتر وتكوّن ٦-٧٪ من الأشعة الشمسية ، وهذه الأشعة مهمة لصحة الإنسان إلا إن زيادتها تؤثر سلبياً على النظام الحيوي بما في ذلك الإنسان . ولا يصل الأرض إلا جزء بسيط من الأشعة فوق البنفسجية وذلك بسبب إمتصاصها بواسطة طبقة الأوزون التي تحيط بالغلاف الجوي .

٢ - الأشعة المرئية Visible light : وتتراوح أطوال أمواجها بين ٣٠٠-٧٤٠ نانوميتر وتكوّن ٤٢٪ من الإشعاع الشمسي وتشمل الأشعة الزرقاء والحمراء والصفراء والخضراء وهي ضرورية لعملية التركيب الضوئي .

٣ - الأشعة تحت الحمراء Infrared light : وتترواح أطوال موجاتها بين ٧٥٠-٤٠٠٠ نانوميتر وتكوّن حوالي ٥١٪ من إشعاع الشمس ويُستخدم الجزء الأكبر منها في رفع درجة حرارة سطح الأرض والغلاف الجوي .

وعند سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض تنعكس أو تُمتص معظم هذه الطاقة وما تبقى منها إما أن ينتشر في المحيط الجوي أو يتحول إلى حرارة . وينعكس من الضوء الساقط على النباتات الخضراء حوالي ٩٨٪ وتمتص منه ما يقرب من ٢٪ فقط . وتستخدم نصف هذه النسبة فقط (أي ١٪) في عملية التمثيل الضوئي نظراً لتناسب أطوال موجاتها مع جزيء الكلوروفيل . وهكذا فإن الكفاءة البيئية للنباتات الخضراء هي عادة ١٪ أو أقل ، بينما يبلغ معدل الكفاءة البيئية للمُنتجات في المحيطات حوالي ١٨ر٠٪ فقط ، حيث تنعكس وتتشتت نسبة كبرى من الضوء على سطح الماء. وتخزن النباتات حوالي ٠٤ر٠٪ من الطاقة الشمسية كإنتاجية صافية يمكن للمستهلكات الإستفادة منها ، والباقي تستفيد منه في النمو والتكاثر والعمليات الحيوية الأخرى . وتشكل هذه النسبة الطاقة الكيميائية المتوفرة في المواد العضوية التي تقتات عليها جميع الكائنات عضوية التغذية في الكرة الحية قاطبة .

وتعتبر الطاقة الشمسية من أنظف مصادر الطاقة وأقلها تلوثاً ، ومع تزايد مشاكل تلوث البيئة بالمصادر التقليدية للطاقة كالنفط والفحم الحجري برز في الآونة الأخيرة تفكير العلماء في استخدام الطاقة الشمسية ، وقد أمكن تسخيرها في شتى شؤون الحياة ، وما تزال الأبحاث العلمية مستمرة في هذا الإتجاه .



الشكل (٣-١) توضيح لقوانين الديناميكية الحرارية . (Odum, 1985)
تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة عضوية (سكريات) بعملية التمثيل الضوئي :
أ = ب + ج (القانون الأول) ، يعتبر (ج) دائماً أقل من (أ) وذلك بسبب تسرب الطاقة خلال عملية التحول على شكل حرارة (القانون الثاني) .

٣:٢ السلسلة الغذائية والشبكة الغذائية Food Chain & Food Web

لقد ذكرنا فيما مضى أن الكائنات الحية تقسم إلى منتجات ومستهلكات ومحللات ، وأن معظم العلاقات بين الكائنات الحية هي علاقات غذائية . إن تمرير الطاقة من المنتجات عبر سلسلة من المستهلكات يسمى بالسلسلة الغذائية Food Chain ، فكل كائن حي من المستهلكات يتغذى على غيره وهو بدوره يشكل غذاء

لغيره . ويلاحظ أن السلسلة الغذائية يجب أن تبدأ بالمنتجات التي تُصنّع الطاقة وتخزنها ، فهي تمثل المستوى الغذائي الأول أو المستوى الإنتاجي The producer trophic level . ثم تأتي آكلات النبات Herbivores لتحتل المستوى الغذائي الثاني أو المستوى الإستهلاكي الأول The primary consumer level ثم تأتي آكلات اللحوم Carnivores لتمثل المستوى الثالث The tertiary consumer level ، وهناك من آكلات اللحوم من يحتل المستوى الرابع والخامس أو اكثر من ذلك إعتماداً على طول السلسلة الغذائية في النظام البيئي .

وحيث أن قلة من الكائنات الحية تعتمد في غذائها علي نوع واحد فقط فترى ان السلسلة الغذائية قد تشعبت وتعقدت ليتكوّن ما يُعرف بيئياً بالشبكة الغذائية Food web ، حيث تسعى الكائنات الحية المختلفة لتوسيع قاعدة الغذاء لديها لتشمل أنواع عديدة مدفوعة بغريزة البقاء (في حال إنقراض النوع الذي تعتمد عليه) وأيضاً من أجل تنويع مصادر الطاقة الغذائية . وتعرف الأنواع التي تعتمد على نوع واحد للغذاء بالأنواع المتخصصة Species specific أما التي تعتمد على أنواع عديدة في غذائها فتعرف بالأنواع العامة Generalized species .

ويتفاوت عدد المستويات الغذائية إعتماداً على عاملين هما :

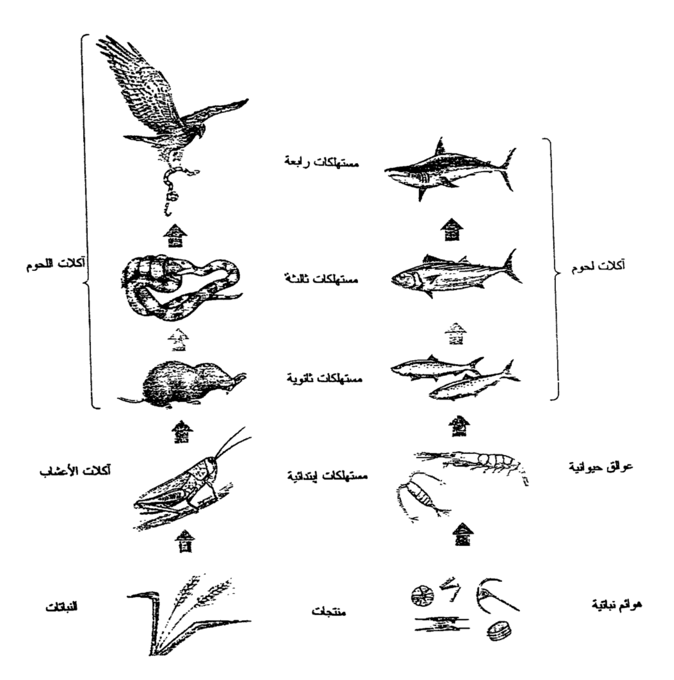
١ – طبيعة البيئة المحيطة وما تحتويه من موارد بيئية وخصوصاً في مستوى المنتجات وكذلك في الطبيعة الفيزيائية للمكان وما يحتوي من المواطن البيئية Habitats والأماكن التي تمارس فيها الكائنات الحية أدوارها الوظيفية Niches ، وبالتالي فإن زيادة عدد الأنواع قد تؤدي إلى ازدياد طول السلسلة الغذائية ، وبالتالي تعقيد الشبكة الغذائية .

٢ – أنواع الكائنات المكوّنة للسلسلة وطبيعة غذائها وأدوارها الوظيفية وكذلك أحجامها . ويعتبر الحجم عامل مهم جداً في طول السلسلة الغذائية أو قصرها ، فيلاحظ أنه كلما إزداد حجم آكلات الأعشاب أصبحت السلسلة أقصر . فمثلاً السلسلة الغذائية في المناطق الرعوية :

(أعشاب ←—— مواشي ←—— إنسان) تختلف عنها في المناطق البرية :

(أعشاب ←—— حشرات ←—— قوارض ←—— ثعابين ←—— صقور) أو تلك في المناطق المائية : (طحالب ←—— كائنات وحيدة الخلية ←—— عوالق حيوانية

«قشريات» ⟵ أسماك صغيرة ⟵ أسماك كبيرة ⟵ حيتان) الشكل (٣-٢).



شكل (٣-٢) سلسلة غذائية مائية وأخرى برية (Campbell, 1992)

وعادة ما تكون السلسلة الغذائية المائية في طبيعتها أطول من السلسلة البرية ، ويعود هذا لصغر حجم آكلات الأعشاب بشكل أساسي ولصغر الكائنات الحية (المستهلكات) الواردة في الأدوار التابعة لآكلات الأعشاب بشكل ثانوي . وكلما قصرت السلسلة الغذائية كبرت الكتلة الحية التي يمكن أن تنتج من قدر معين من الطاقة، والسبب في ذلك يعود إلى أن جزءً من الطاقة يُفقد عند الإنتقال من حلقة إلى أخرى ، وبالتالي تكون السلاسل البرية القصيرة أعلى كفاءةً من السلاسل المائية الطويلة نسبياً . ويمكن أن نأخذ بهذه الفكرة في الناحية التطبيقية للسلاسل الغذائية التي تهم البشرية مثل تربية الأسماك . فإذا استخدِمت أسماك آكلة طحالب بدلاً من أسماك آكلة حشرات ، هذا يعني أننا سُننقص حلقة من السلسلة الغذائية التي تتم في برك تربية الأسماك ، وبالتالي نعطي إنتاجاً أكبر من الأسماك (طحالب ←—— أسماك) بدلاً من (طحالب ←—— حشرات ←—— أسماك) .

وتُكمل المحللات حلقة سريان الطاقة في النظام البيئى الطبيعي حيث تُحلل المنتجات والمستهلكات إلى عناصرها الأولية وتعيدها إلى البيئة لتستفيد منها المنتجات .

وقد يختل نظام السلسلة الغذائية عند حصول إختلاف في النسب بين أي حلقتين من حلقات السلسلة . ويكون الأختلال شديداً إذا حصل التأثير في المنتجات التي تشكل القاعدة الأساسية للسلاسل الغذائية . وقد ينتج الإختلال عن : الأوبئة والظروف المناخية والكوارث الطبيعية وتدخل الإنسان عن طريق الصيد وقطع الأشجار وحرق الغابات وغيرها من الممارسات السلبية العشوائية .

وتكون السلاسل الغذائية على ثلاثة نماذج هي :

١ – **السلسلة الغذائية الرميّة Detrital food chain** ، تنتشر في جميع الأنظمة البيئية لكنها تسود في الأنظمة البرية أو المائية الضحلة أو المناطق الشطيّة حيث تنتشر المحاصيل القائمة Standing crops وتقل عملية الحصاد Harvesting (أي ما تستفيده آكلات الأعشاب من هذه المحاصيل) لذا يتبقى جزءً كبيراً من المنتجات تستهلكه المحللات وقد أورد (Smith, 1980) مثالاً على غابة لنبات التيوليب Tulip (*Liriodendron*) حيث ٥٠٪ من الإنتاجية الإبتدائية تُستخدم في التنفس

وتجديد أجزاء النبتة و١٣٪ تُبنى كأنسجة جديدة و ٢٪ فقط تُستهلك بواسطة آكلات الأعشاب ، ويبقى ٣٥٪ من الطاقة ينساب في السلسلة الرميّة . أما في المستنقعات المالحة حيث يعتبر الجراد هو آكل الأعشاب السائد فإنه يستهلك فقط ٢٪ من الإنتاجية الصافية ، وما تبقى فإن معظمه يدخل السلسلة الرميّة .

ومن الميزات التي تحققها الدورات الرميّة هي إعادة تكوين وإعادة دوران المادة الغذائية ، حيث أن النباتات والكائنات الدقيقة والحيوانات الصغيرة تتواجد مع بعضها البعض ، وأن المادة الغذائية سرعان ما يتم إعادة إمتصاصها مباشرة من قبل نوع معين بعد إفرازها من نوع آخر .

٢ – السلسلة الغذائية الرعوية Grazing food chain ، وتسود مثل هذه السلاسل في المياه العميقة نوعاً ما ، حيث قلة المحتوى الغذائي وكثرة دوران الكائنات الحية بحثاً عن الغذاء مما يؤدي لإرتفاع معدل الحصاد . أي ترتفع نسبة ما تستفيده آكلات الأعشاب من هذه المنتجات ، ولذلك سميت بالسلسلة الرعوية ، وتبين أن بعض الأوليات الرعوية تستهلك ٩٩٪ من العوالق النباتية (الطحالب) في أول ٧–١٤ يوم . ولعل العامل الأهم في مثل هذه السلاسل هو حجم العوالق النباتية Phytoplank-tons إذ أن معظم العوالق الحيوانية Zooplanktons راشحة التغذية Filter Feeding (أي تتغذى بطريقة ترشيح الماء الذي يحمل دقائق من العوالق النباتية) ، حيث تبين أن استهلاك العوالق راشحة التغذية من المنتجات يزداد ، وكذلك فعالية إنتقال الطاقة في السلسلة الغذائية عندما يكون حجم وطبيعة العوالق النباتية مناسباً لغذاء العوالق الحيوانية.

وفي الأنظمة الرعوية البرية يمكن ملاحظة هذه السلاسل بسهولة في السهول والغابات والبراري حيث تنتشر الحيوانات الرعوية كالغزلان والماشية والأرانب وتزداد قدرة مثل هذه الكائنات في إستغلال المنتجات في المحميات الرعوية التي صممها الإنسان لتربية مثل هذه الكائنات . وفي البراري أو المناطق العشبية يمكن تقسيم الرعي إلى قسمين : رعي فوق الأرض Above - ground grazing ورعي تحت الأرض Below - ground grazing . وتختلف نسبة الإستهلاك من الكائنات الرعوية بإختلاف نوع البراري والانظمة البيئية ، فالكائنات المسؤولة عن الرعي تحت الأرض

(معظمها ديدان إسطوانية Nematods ، وخنافس Beetles) تصل نسبة إستهلاكها ٨١,٧٪ من مجمل الإستهلاك للكائنات الرعوية في الحقول صغيرة الأعشاب غير المرعية ، وتصل إلى ٤٩,٥٪ في الحقول قليلة الرعي و ٢٩,١٪ في الحقول منهكة الرعي . وعندما تضاف مبيدات الديدان الإسطوانية فإن نسبة الرعي للكائنات فوق الأرض تزيد من ٣٠-٦٠٪.

وقد تصل نسبة الإستهلاك للكائنات فوق الأرض ٣٠-٥٠٪ من الإنتاج النباتي الصافي كما ويعود للنظام البيئي ٤٠-٥٠٪ من الطاقة المستهلكة من الحيوانات الرعوية كبراز يدخل السلسلة الرمّية .

وكمثال على السلسلة الرعوية أورده Smith, (1980) على حقل نباتي قديم (بعد الحصاد) يشمل فأر السهل Medow mice وابن عرس Weasel الذي يتغذى عليه ، حيث يستفيد النبات من الطاقة الشمسية ما نسبته ١٪ كإنتاجية صافية ويستهلك الفأر ٢٪ من الطاقة المخزنة في النبات ويستفيد ابن عرس من ٣١٪ من الطاقة المخزنة في الفأر . كما لوحظ ان مقدار الطاقة المفقودة بعملية التنفس هي ١٥٪ من النباتات ، ٦٨٪ من الفأر ، و ٨٣٪ من ابن عرس .

كما ويُلاحظ أن تدفق الطاقة Energy flow في المستهلكات يتناقص بما معدله مضاعف ١٠ من مستوى لآخر في السلاسل الرعوية ، فمثلاً لو كانت الطاقة المخزنة في أنسجة آكلات الأعشاب ١٠٠ كيلو كالوري فإن معدل ما يخزن في أنسجة المستهلك آكل اللحوم الأول هو ١٠ كيلو كالوري ، ومعدل ما يخزن في أنسجة آكل اللحوم الثاني هو ١٪ فقط .

٣ – سلاسل غذائية ثانوية (= مُساندة) Supplementary food chains ، ومنها سلاسل الكائنات الكنّاسة (آكلات الجثث) Scavengers ، والكائنات المتطفلة Parasites . وتعتبر السلسلة الغذائية الطفيلية Parasitic food chain مهمة جداً في النظام البيئي ، وهي أيضاً معقدة جداً ، فيمكن للطفيليات أن تنتقل من عائل لآخر بواسطة المفترسات ، أو بواسطة النواقل Vectors كالحشرات ، أو أن تنتقل بنفسها كالطفيليات الخارجية Ectoparasites . كما أن هناك سلسلة للطفيليات مع بعضها

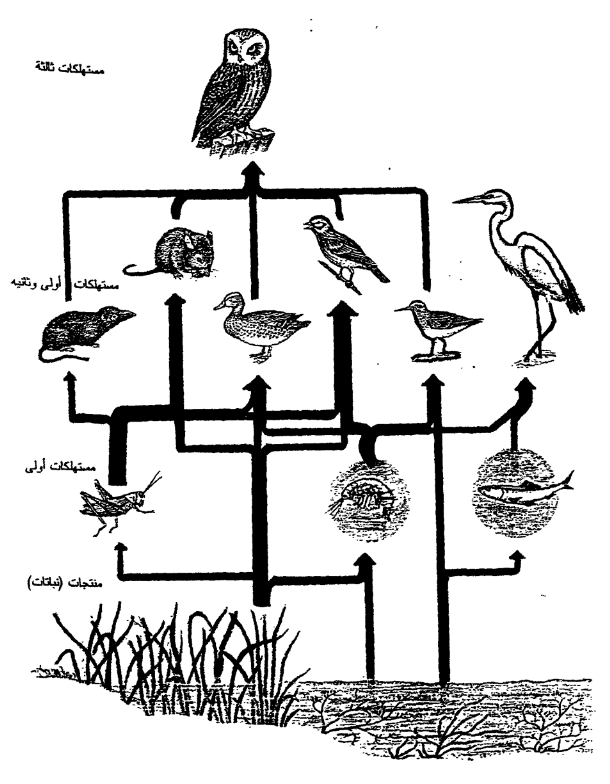
فمثلاً الذباب الذي يتطفل على الثدييات والطيور ، يتطفل عليه نوع من الأوليات *Leptomonas* . ويلاحظ في السلاسل الطفيلية أنها تبدأ بالعائل Host وتتقدم بإتجاه الطفيل الأصغر فالأصغر ، وكلما إنتقلنا للطفيل الأصغر تزداد عادة الكثافة العددية للطفيل.

إن النظم البيئية أو الكرة الحية تشمل بوجه عام على سلاسل غذائية عديدة لا يمكن فصلها عن بعضها البعض ، بل على العكس تماماً ترتبط وتتداخل فيما بينها لتشكل أنظمة غذائية معقدة من الشبكات الغذائية التي يكون أولها المنتجات وتنتهي بالمحللات (الشكل ٣-٣) . وفي الشبكات الغذائية Food webs تصبح نماذج تدفق الطاقة من التعقيد بحيث لا يمكن معرفة جميع العلاقات الممكنة . فعلى سبيل المثال في غابة معتدلة نموذجية قد نجد ٤٠-٥٠ نوعاً من الطيور آكلة الحشرات تتغذى على عدة مئات من أنواع الحشرات . وعند فهم ديناميكية الشبكات الغذائية يمكن لنا الاستفادة منها عملياً على النحو التالي :

١ - المكافحة البيولوجية Biological control : يمكن مكافحة الكائنات الضارة مثل الحشرات على سبيل المثال التي تُلحق أضراراً بالإنسان والنبات والحيوان وذلك عن طريق نقل الفيروسات والطفيليات التي تحدّ من إنتشار الحشرات إلى المنطقة المطلوبة . وتعتبر هذه المكافحة بديلاً للمكافحة الكيماوية التي تلوث عناصر البيئة وتقضي على أنواع مفيدة من الكائنات الحية .

٢ - وقف ظاهرة إنقراض الحيوانات والنباتات ، حيث يفيد تفهمنا للشبكة الغذائية معرفة المفترسات وآكلات الأعشاب التي تتغذى على الأنواع النادرة أو المهددة بالإنقراض ، وبالتالي حمايتها من هذه الكائنات . وكذلك وضع المعايير البيئية وخصوصاً من الناحية الغذائية لإعادة الحيوانات المنقرضة إلى شبكة غذائية معينة .

٣ - ويفيد تفهم الشبكة الغذائية في توفير مؤشرات للسماح بنقل أو عدم نقل نوع معين من الكائنات الحية إلى بيئة جديدة وبالتالي تقدير ما قد تسببه هذه العملية من إخلال في التوازن البيئي . ومن الأمثلة على ذلك ما حدث في أستراليا . ففي سنة ١٧٨٨م أدخل إليها ثلاثة أرانب لم تكن أستراليا تعرفها من قبل ، ونتيجة لتوفر الغذاء وموارد المعيشة لهذه الأرانب ولعدم وجود تفاعلات سلبية (كالتنافس والافتراس) مع

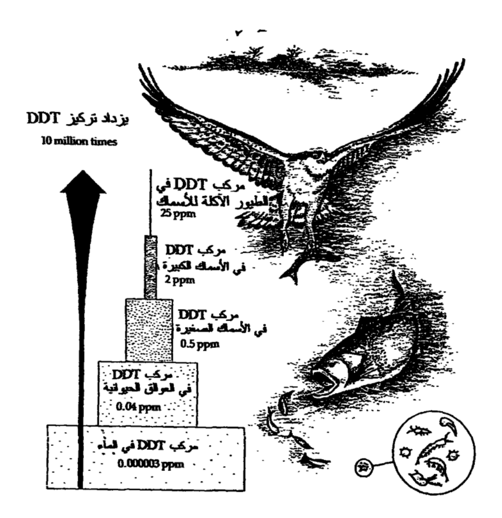


شكل (٣-٣) نموذج مُبّسط لشبكة غذائية في بيئة صحراوية (Campbell, 1992)

حيوانات أخرى إزدادت أعدادها بشكل هائل خلال مدة بسيطة حيث أصبح عددها في سنة (١٩٥٠م) ٧٥٠ مليون أرنب قضت على الغطاء النباتي وأثرت على توزيع العديد من الكائنات الحية التي كانت تعيش هناك . وللسيطرة على هذه الأعداد طُبق مفهوم المكافحة البيولوجية عن طريق حقن هذه الأرانب بفيروس Myxomytosis المميت لها فأدى إلى إنتشار المرض بينها وبالتالي تخفيض اعدادها بنسبة ٨٠-٩٠٪ خلال ٣ سنوات فقط . ولا تزال هذه المشكلة تؤثر على أستراليا حتى وقتنا الحاضر ، حيث إستطاعت الأرانب أن تقاوم الفيروس كنتيجة للتراكيب الجينية الجديدة التي تكونت من خلال الأجيال العديدة وأصبح الفيروس يعيش معيشة تكافلية تقريباً مع هذه الأرانب .

٤ – تتبُّع المواد السامة المتراكمة في أجسام الكائنات الحية . فقد لوحظ أن هناك زيادة في تركيز بعض المواد المشعة والمبيدات في أجسام الكائنات الحية بشكل تصاعدي في السلسلة الغذائية . فمثلاً لوحظ تضاعف في تركيز الفوسفور المشع في أجسام الكائنات الحية بمقدار ٢ مليون مرة عنه في مياه الأنهار . وكذلك لوحظ زيادة في تركيب مركب D.D.T (الذي أستعمل للقضاء على البعوض في المستنقعات والسيول) في أجسام الكائنات الحية ، حيث تكون نسبته غير ضارة في الماء ولكنها تصبح ضارة كلما إرتفعت للأعلى في السلسلة الغذائية نتيجة لتراكمها . ويحصل ذلك أيضاً لمركبات الزئبق ويعرف هذا بظاهرة التضخم البيولوجي Biological magnification (الشكل ٣-٤) .

ويمكن دراسة السلاسل والشبكات الغذائية عن طريق حقن المنتجات بعناصر إشعاعية تدخل في عمليات الأيض في الكائن الحي ، وبالتالي تنتقل إلى المستهلك الأول ثم الثاني والثالث وهكذا . وبالتالي نتعرّف على الدور الغذائي لكل كائن حي في منطقة بيئية محددة عن طريق تتبع هذا العنصر الإشعاعي في الكائنات الحية .



الشكل (٣-٤) ظاهرة التضخيم البيولوجي لمركب D.D.T (Campbell, 1992)

٣:٣ الأهرامات البيئية Ecological pyramids

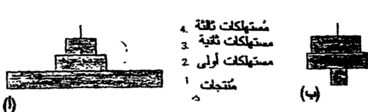
وهي عبارة عن تدرج للمستويات الغذائية للكائنات الحية بحيث يتوزع كلٌ حسب دوره الغذائي الوظيفي على شكل هرم ، تكون قاعدته المنتجات ويتبعها آكلات الأعشاب ثم مستويات مختلفة من آكلات اللحوم إلى أن نصل الى أقوى المستهلكات في قمة الهرم . ولا يمكن أن نهمل الطفيليات والمحللات في المستويات الغذائية . فيمكن إعتبارها آكلات أعشاب أو لحوم حسب دورها الغذائي ، فمثلاً المحللات التي تتغذى على بقايا النباتات الميتة ، والبكتيريا التي تعيش في معِد المجترات Ruminants يمكن إعتبارها من ناحية وظيفية آكلات أعشاب ، والمحللات التي تتغذى على الحيوانات الميتة وكذلك آكلات الجثث يمكن إعتبارها من ناحية وظيفية آكلات لحوم . أما الطفيليات فتقسم حسب العائل الذي تتطفل عليه حيث يمكن إعتبارها أيضاً

آكلات أعشاب أو لحوم . وبهذه الإعتبارات يمكن لأي كائن حي مهما كان نوعه أن يحتل مستوى غذائي معين في الهرم البيئي . ولقد وضع علماء البيئة ثلاثة نماذج رئيسية لتفسير الأهرامات البيئية هي (الشكل ٣–٥) :

١ – الهرم العددي Pyramid of numbers ويهتم هذا النوع بالعدد الكلي في كل تدرج أو مستوى غذائي في الهرم ، ويهمل التركيب النوعي . وبالتالي فإن أعداد الكائنات الحية تكون وافرة في المنتجات ، تنخفض تدريجياً إلى أن تصل الأقل عدداً (أقوى المستهلكات) لتأخذ شكل الهرم العددي . وهذا الهرم يمكن قلبه في الطبيعة ، وعلى سبيل المثال تعيش أعداد هائلة من اللافقاريات في شقوق قشرة شجرة واحدة وتتغذى عليها ، لذا يصبح أفراد آكلات الأعشاب أكثر من عدد المنتجات .

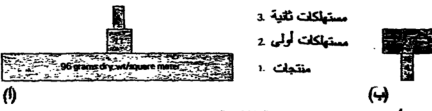
٢ – هرم الكتلة الحية Pyramid of biomass ويعبر عن كمية المادة الحية في تدرج معين من الهرم ، حيث تتناقص تدريجياً كلما صعدنا للأعلى نحو قمة الهرم . ولا يعتبر هذا النموذج ممثلاً كاملاً للأهرامات في الطبيعة ، حيث يمكن أن يقلب وخصوصاً إذا كانت أعداد الكائنات في المستويات الدنيا من الهرم قليلة بالنسبة للأعداد في المستويات العليا فإن هذا سيؤدي إلى انخفاض في الكتلة الحية الكلية للمستويات الدنيا بالنسبة للمستويات العليا ، وبالتالي ينقلب الهرم ، وعلى سبيل المثال ، الكتلة الحية في المنتجات (الطحالب) الموجودة في مساحة محددة من مياه بحرية تبلغ ٤غم/م٢ ، بينما تكون الكتلة الحية في العوالق الحيوانية والحيوانات القاعية ٢١غم/م٢ ، ويعود هذا إلى التكاثر السريع لآكلات الأعشاب حيث يكون معدل إنتاج الكتلة في المستهلكات أقل منه في المنتجات .

٣ – هرم الطاقة Pyramid of energy ، وتعبّر هذه الأهرامات عن إنسياب الطاقة في الشبكات الغذائية ، حيث تتناقص الطاقة تصاعدياً نحو قمة الهرم (أقوى المستهلكات). وهذا النموذج لا يمكن قلبه ، وهو مثالياً لتمثيل الأهرامات البيئية، ويمكن أن يُطبّق في جميع البيئات المائية والبرية . ويعود سبب نجاح هذا النموذج في كونه يسير على مبدأ قانون الديناميكية الحرارية الثاني ، والذي ينص على أن جزء من الطاقة يتبعثر او يضيع كلما تحولت من شكل إلى آخر .



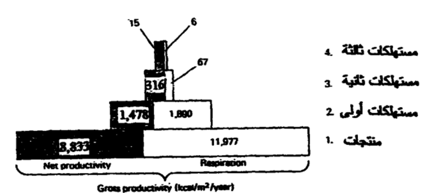
الهرم العددي: أ- حقل حشائش في شمال الولايات المتحدة

ب- غابة متساقطة الأوراق في انجلترا. هذا الهرم مقلوب جزئياً لأن كل شجرة ينمو عليها عدد هائل من الحشرات آكلة الأعشاب.



هرم الكتلة: أ- بحيرة في ويسكنسون- الولايات المتحدة.

ب- قناة انجلترا. هذا الهرم مقلوب نتيجة للدوران السريع للهوائم النباتية خلال فترة الدراسة حيث ان الكتلة الحية للعوالق الحيوانية دائماً أكبر من الكتلة الحية للمحصول القائم من الهوائم النباتية.



هرم الطاقة لينابيع Silver springs في نظام بيئي نهري في فلوريدا. يبين الشكل مقدار مجموع الطاقة في كل مستوى غذائي وكذلك يبين الإنتاجية الصافية والتنفس في المستويات المختلفة.

الشكل (٣-٥) الأهرامات البيئية (Arms & Camp, 1982)

٣:٤ الإنتاجية البيئية Productivity

٣:٤:١ الإنتاجية الإبتدائية Primary Productivity

يرتبط موضوع الإنتاجية بشكل أساسي بالمنتجات التي تستخدم طريقة البناء الضوئي أو البناء الكيميائي في توفير الطاقة وتخزينها على شكل مواد عضوية . وهذه المواد العضوية المخزنة في أنسجة الكائنات الحية المنتجة تسمى بالإنتاجية الإبتدائية Primary productivity .

ومن المهم أن نميز بين نوعين من الانتاجية الإبتدائية ؛ الإنتاجية الإبتدائية الإجمالية Gross primary productivity والتي تعني الانتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة الطاقة الضائعة على شكل تنفس Respiration . وبمعنى آخر هي معدل عملية التركيب الضوئي في مساحة معينة وفي زمن معين . وتتباين إنتاجيات النظم البيئية النموذجية من نصف غرام من المادة العضوية (المواد الكربونية) لكل متر مربع في اليوم ، إلى ما يقرب من عشرين غرام لكل م٢/يوم . وقد تصل إلى ٦٠ غم/م٢/يوم في المناطق الزراعية المكثفة ، إلا أن هذه الإنتاجية سرعان ما تتناقص أو تتوقف نتيجة لنقص الموارد الغذائية (جدول ٣–١) .

والإنتاجية الإبتدائية الصافية Net primary productivity هي عبارة عن المقـدار المتبقـي من المواد العضوية في أنسجة المنتجات بعد إستيفاء الإحتياجات اللازمة لتنفس النبات (التنفس هو العملية التي تحدث في جميع الكائنات الحية والتي بواسطتها تتأكسد المركبات العضوية لتعطي الطاقة مع ثاني أكسيد الكربون والماء كنواتج ثانوية) .

الانتاجية الإبتدائية الصافية = الإنتاجية الإبتدائية الإجمالية – معدل التنفس

وتقاس الإنتاجية عن طريق حصاد المحصول المتكون في وحدة المساحة وخلال فترة زمنية محددة ومن ثم حساب كتلته الحيوية Biomass ، ويقدر علماء البيئة أن الانتاجية الصافية في الطبيعة تشكل حوالي ٥٪ من الانتاجية الإجمالية في النظم البيئية المختلفة .

وهناك أيضاً مصطلح إنتاجية المجتمع الصافية Net community productivity ، وهي معدل تخزين المادة العضوية في الأنسجة النباتية والتي لا تستهلكها الكائنات عضوية التغذية Heterotrophs خلال فصل النمو أو السنة .

إنتاجية المجتمع الصافية = الإنتاجية الإبتدائية الصافية - إستهلاك الكائنات عضوية التغذية

ويلاحظ أن الإنتاجية الإبتدائية تتأثر بشكل فعال بعوامل أهمها درجة الحرارة وهطول الأمطار ، لذا فإن اكثر النظم البيئية انتاجية هي الغابات الاستوائية التي تتميز بنسبة عالية من هطول الامطار ، وارتفاع درجة الحرارة . بينما تعتبر الصحراء والمناطق القطبية هي الأقل إنتاجية في الأنظمة البيئية .

جدول (٣-١) توزيع الإنتاجية الإبتدائية في النظم البيئية المختلفة .

عن (Odum, 1959)

النظام البيئي	مدى معدل الإنتاجية الإبتدائية الإجمالية غم/م٢/يوم
- الصحراء والمناطق العشبية شبه الحارة	أقل من ٠٫٥
- المحيطات المفتوحة	أقل من ١
- البحيرات الضحلة ، البرك ، الغابات ، المناطق العشبية الرطبة ، المناطق الزراعية البسيطة .	٠٫٥ - ٥
- الشواطىء المرجانية ، الينابيع المعدنية ، الغابات دائمة الخضرة ، الزراعة المكثفة .	٥ - ٢٠
- أعلى معدل يمكن بلوغه في مناطق طبيعية وزراعة أكثر نضجاً ويكون هذا لفترة فصلية .	٢٠ - ٦٠

العوامل المؤثرة على الإنتاجية الإبتدائية .

– المجتمعات البحرية Marine Communities

أ – الضوء : يعتبر العامل الأهم المؤثر على الانتاجية الإبتدائية في البحار ، والمهم في الأمر هو العمق الذي يمكن أن يصله الضوء والذي يمثل منطقة الإنتاجية الإبتدائية Zone of primary production . ويلاحظ أن الماء يمتص ما مقداره نصف الإشعاع الشمسي الساقط في أول متر عمق في الماء ، ويشمل ذلك معظم الأشعة تحت الحمراء. وحتى في المياه الصافية ، فإن ما نسبته ٥–١٠٪ من الإشعاع تصل إلى عمق ٢٠ متر . وهذا التناقص يمكن تفسيره عن طريق المعادلة

$$\frac{di}{dt} = -KI$$

حيث I – كمية الإشعاع الشمسي

t – العمق

K – معامل التناقص (الإختفاء) للضوء وهو ثابت .

وقد ثبت علمياً أنه كلما كان المعامل عالياً أو كبيراً دل ذلك على شدة عكورة الماء . وفي البحيرات العكرة يرتفع معدل الإنتاجية وتقل نسبة إختراق الضوء مع العمق، أما في البحيرات الصافية فترتفع نسبة إختراق الضوء ، إلا أن معدل الإنتاجية يتناقص.

ويلاحظ أن سقوط كميات كبيرة من الضوء على المياه السطحية ، كما يحدث في المناطق الإستوائية وشبه الإستوائية ، يثبط من عملية التمثيل الضوئي مما يقلل الإنتاجية على المياة السطحية نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة غير المناسبة لعملية التمثيل الضوئي ، فنلاحظ أن منطقة الإنتاجية تكون على بعد أمتار تحت المياه السطحية .

ويعتبر الضوء عاملاً محدداً في إنتاجية البحار ، ويمكن حساب إنتاجية البحار

بالمعادلة التالية :

$$P = \frac{R}{K} \times C \times 3.7$$

P – معدل التمثيل الضوئي للعوالق النباتية (غم كربون / م٢ من سطح المحيط /يوم)

R – المعدل النسبي للتمثيل الضوئي مقارنة بكمية الضوء الساقط (تحسب من منحنى يمثل العلاقة بينهما)

K – معامل إختفاء الضوء في كل متر (يتغير بدرجة عكورة الماء)

C – عدد غرامات الكلوروفيل في كل م٣ من الماء في عمود مائي

أما الرقم 3.7 فهو ثابت وحُدد بالتجارب ليشير إلى أن 3.7 غم كربون تثبت بواسطة ١غم كلوروفيل / ساعة في ظروف إشباع الضوء .

ب – المغذيات Nutrients : وخصوصاً عنصرا النيتروجين والفوسفور اللذان يعتبران من العوامل المحددة للإنتاجية في البحار . ومن المعروف أن مياه البحار السطحية (حيث تتواجد العوالق النباتية) تحتوى تراكيز قليلة من النيتروجين والفوسفور، بعكس المياه العميقة .

وقد لوحظ من التجارب أن إضافة النيتروجين (على شكل أمونيوم) للمياه يسبب نمواً كبيراً في الطحالب ، إلا ان إضافة الفوسفور لا تسبب مثل ذلك النمو . ولوحظ أيضاً في بحر سارجاسو Sargasso Sea (وهي منطقة مائية في المناطق شبه الإستوائية من المحيط الأطلسي) وهو من أصغر بحار العالم ، أنه قليل الإنتاجية ، وإن إضافة النيتروجين والفوسفور لا تؤدي لزيادة الإنتاجية وأن إضافة معادن أخرى وخاصة الحديد يعتبر عاملاً مساعداً في رفع الانتاجية . ويعتقد أن عنصري النيتروجين والفوسفور هما الأهم في تحديد نسبة الإنتاجية إذا توفرا بالنسب المطلوبة . وتتميز المحيطات بظاهرة إنقلاب الماء أو ما يسمى بالنبع Upwelling نتيجة للرياح الشديدة حيث تتحرك تيارات الماء السطحية إلى الأعماق وتسمح للمياه الباردة العميقة بأن تتجه للسطح مما يُثري المياه السطحية من المغذيات ، وبالتالي ترتفع الإنتاجية ، وكذلك

ترتفع نسبة توافر المستهلكات كالأسماك مثلاً في مثل هذه البحار .

وبشكل عام فإن إنتاجية البحار أقل من اليابسة ، ويعود ذلك لمحدودية الضوء والمغذيات بشكل أساسي .

أما بالنسبة لمجتمعات المياه العذبة كالأنهار والبحيرات العذبة ، فتؤثر العوامل التالية في إنتاجيتها :

١ - العوامل الرئيسية :

أ - الضوء ودرجة الحرارة ، يصعب هنا فصل تأثير درجة الحرارة حيث أنها مرتبطة بشدة الإضاءة ، ويمكن تقدير مستوى الإنتاجية لبحيرة ما من كمية الإشعاع الشمسي الساقط عليها .

ب - عنصر الفوسفور (يؤثر على الطحالب عامة) والسيليكون (ويؤثر على الدياتومات بشكل رئيسي) .

٢ - عوامل متوسطة التأثير :

النيتروجين والحديد والمنغنيز والموليبدينوم .

٣ - عوامل ضعيفة التأثير :

الكربون ، الكوبالت ، الكبريت وعناصر أخرى مهمة للنمو .

لقد ثبت علمياً بأنه يمكن زيادة الإنتاجية في البحيرات عند إضافة الأسمدة (بطريقة علمية وغير عشوائية) وخصوصاً الفوسفات وسلفات الأمونيوم . وقد لوحظ أيضاً أنه عند إضافة هذه الأسمدة ترتفع الإنتاجية إلى أربع أو خمس أضعاف الإنتاجية في بحيرات لم تتعرض لمثل هذه الأسمدة . علماً بأنه إذا حصل وأن تضاعفت كمية الأسمدة المضافة لن ترتفع معها الإنتاجية بل تصل إلى حدها الأعلى وتقف عند ذلك .

وتتفاقم في المدة الأخيرة مشكلة عدم نقاء البحيرات حيث أنها تتعرض لسيول من الملوثات والمياه العادمة مما زاد من تركيز الطحالب وقد لوحظ أن كثير من هذه البحيرات قد انتقلت من حالة جسم مائي تسود فيه الهوائم النباتية والدياتومات إلى جسم مائي تسود فيه الطحالب الخضراء المزرّقة ، وهذا ما يعرف بيئياً بالإثراء الغذائي Eutrophication .

ومن المعلوم أيضاً ان آلية الإتزان البيولوجية موجودة في البحيرات بحيث تتحكم وتُصحح نسبة الكربون والنيتروجين للحد الطبيعي . ويتواجد الكربون والنيتروجين في الجو بالصورة الغازية N_2 , CO_2 ومع أن العوامل الفيزيائية مثل تعكر المياه يمكن أن تؤثر في إذابة CO_2 في الماء إلا أنه من النادر ان يصبح عاملاً محدداً لنمو الطحالب . أما النيتروجين فتتم عملية تثبيته من قبل الطحالب الخضراء المزرقّة Blue-green algae ولكن في حالة زيادة كمية الفوسفور بشكل كبير لأي سبب كان فإنه يتعذر على الطحالب الإستفادة من النيتروجين والفوسفور ، لذا نستطيع القول أنه يجب ضبط كمية الفوسفور المضافة إلى البحيرات على شكل ملوثات أو مياه عادمة حيث ان الفوسفور يمكن أن يكون من أكثر العوامل المؤثرة بتوازن الأجسام المائية العذبة .

— مجتمعات اليابسة Terrestrial Communities

من الدراسات العديدة تبين أن إنتاجية مجتمعات اليابسة تتحدد بالعوامل التالية :

١ — عامل درجة الحرارة ، ويلاحظ هنا أن التفاوت في درجة الحرارة بين البيئات البرية أكثر بكثير منه في البيئات المائية ، مما يؤدي إلى تفاوت كبير في مستوى الإنتاجية بين النظم البيئية المختلفة في اليابسة .

٢ — عامل الضوء .

٣ — معدل هطول الأمطار .

ويصعب هنا دراسة كل عامل لوحده ، وقد إستطاع العالم Rosenz-weig,(1968) أن يستنتج أن معدل ما يسمى بالنتح التبخري Evapotranspiration (معدل إنتقال الماء إلى الغلاف الجوي بعملية التبخر من الأرض ، وعملية النتح من النباتات) هو الذي يحدد الإنتاجية . وبالإضافة للنتح التبخري أضاف العالم Lieth, (1975) عوامل طول فصل النمو للنباتات ، ودرجة الحرارة ومعدل هطول الأمطار . وقد لاحظ العالم Kira, (1975) نتيجة لدراسته غابات مختلفة في اليابان أن الإنتاجية تختلف بإختلاف طول فصل النمو ومعامل مساحة الورقة Leaf area index ، فمثلاً في الأشجار الصنوبرية يكون سطح مساحة الورقة أعلى من أوراق الأشجار متساقطة

الأوراق مما يزيد من الإنتاجية . وكذلك فإن الأشجار ذات الأوراق العريضة عالية الإنتاجية مقارنة بالأشجار ذات الأوراق الإبرية .

ويلاحظ أن عاملي درجة الحرارة والمغذيات ليس لهما أهمية تذكر في إنتاجية الغابات ، إذ أنهما عادة ما يكونا أعلى من الحد الأدنى المطلوب . إلا أن عامل المغذيات قد يكون هاماً جداً في مجتمعات يابسة أخرى ، ويلاحظ ذلك عند زراعة المحاصيل الزراعية ، حيث تضاف الأسمدة لتعويض نقص التربة من المغذيات وبالتالي زيادة الإنتاجية .

يقوم العلماء بإستخدام عدة طرق لحساب الإنتاجية في المجتمعات البيئية ، وكل طريقة لها مزاياها ولكن جميعها تعطي النتيجة إما بوحدة الكتلة (غم/مساحة معينة/زمن) أو الطاقة (كالوري/ مساحة معينة /زمن) وهذه الطرق هي :

١ – طريقة الحصاد Biomass

وتعتمد على تحديد مساحة معينة تمنع المستهلكات الأولى (آكلات الأعشاب) من دخولها ، وبعد إنقضاء فترة زمنية محددة ، غالباً ما تكون سنة ، يتم حساب وزن كل ما في هذه المساحة من مواد عضوية .

٢ – طريقة قياس الأكسجين Oxygen production

حيث أن هناك علاقة طردية بين الأكسجين المُنتج والمواد العضوية المتكونة من قبل النباتات الخضراء ، فإن معدل الإنتاج من الأكسجين قد يستخدم كمقياس للإنتاجية الإبتدائية ، وتستخدم هذه الطريقة عادة في النظم البيئية المائية ، ويصعب إستخدامها في النظم البيئية الأرضية – حيث أن الحيوانات والنباتات والبكتيريا ايضاً تتنفس – وبالتالي سرعان ما تستهلك الأكسجين المنتج من قبل النباتات . لذا يصعب التحكم في كمية الأكسجين المنتجة في البيئات اليابسة ولكن من الممكن حساب كمية الأكسجين في كمية من الماء لتعطي مقياساً تقريبياً عن الإنتاجية الإبتدائية .

٣ – طريقة قياس ثاني أكسيد الكربون CO_2 Production

وتستخدم عادة في النظم البيئية الأرضية وتعتمد على مقدار إستهلاك ثاني

أكسيد الكربون الموجود في الجو والمستخدم في عملية التركيب الضوئي في نبتة معينة وفي مدة محددة من الزمن . ومن ثم تُطبق على جميع أنواع النباتات الموجودة في مساحة معينة ، ويتم إحصاء عدد النباتات التي تنتمي لكل نوع ويضرب هذا العدد في الإنتاجية المحسوبة للنبتة الواحدة من نفس النوع . ثم يجمع مجمل الإنتاجية لجميع الأنواع ليعبر عن الإنتاجية الإبتدائية .

٤ – طريقة إختفاء المواد المغذية (الأولية) للنباتات Nutrient depleation

وتتطلب هذه الطريقة وجود حالة إتزان متكامل بين التربة والنبات ، ويقاس معدل إختفاء المعادن (المواد المغذية للنباتات) من التربة للتعبير عن مقدار ما صُنع من غذاء في عملية التركيب الضوئي . حيث يستخدم معدناً معيناً للقياس مثل النيتروجين أو الفوسفور ، وتزود التربة بتركيز معين من هذا المعدن مرة واحدة في بداية السنة . ويُعبّر معدل تناقص تركيز المعدن في فترة زمنية محددة عن مقدار الإنتاجية الإبتدائية .

٥ – طريقة إستخدام المواد المشعة Radioactive marking

حيث يستخدم الكربون المشع ويوضع في الماء على شكل كربونات . ثم تجمع النباتات (الطحالب) وتفصل عن الماء وتجفف وتوضع في جهاز لقياس نسبة المواد المشعة وبالتالي تعرف الكمية التي أختزنت في أنسجة هذه النباتات أثناء عملية التركيب الضوئي وتعطي هذه الطريقة نتائج دقيقة نسبياً .

٦ – طريقة الكلوروفيل Chlorophyll content

وتحسب عن طريق حساب كمية الكلوروفيل الموجودة في النباتات وبالتالي في النظام البيئي بأكمله كتعبير عن مقدار ما يمكن إنتاجه من الغذاء أثناء عملية التركيب الضوئي، كما ورد سابقاً عند حساب إنتاجية البحار إعتماداً على وزن الكلوروفيل في العوالق النباتية وتعطي هذه الطريقة ايضاً نتائج دقيقة نسبياً .

٣ : ٤ : ٢ الإنتاجية الثانوية أو إنتاجية المستهلكات

Secondary productivity or Consumer production

تستهلك المستهلكات والمحللات الإنتاجية الصافية المتوفرة في بيئتها ، وبالتالي

تتدفق الطاقة عبر كائنات أخرى ، وهنا يعبر عن الطاقة المخزنة في مستويات المستهلكات والمحللات بالإنتاجية الثانوية ، وبالطبع ستكون أقل مما هي عليه في الإنتاجية الإبتدائية نتيجة لتبعثر الطاقة كلما إنتقلنا من مستوى غذائي لآخر وكذلك بسبب الإستهلاك الذي حصل في المستوى الغذائي الأول حسب قانون الديناميكا الحرارية الثاني .

وتستخدم كائنات المستوى الثاني الطاقة في عمليات النمو والتكاثر والتنفس والحرارة وإخراج فضلات الجسم وصيانة انسجة الجسم .

وتبدأ عملية التغذية للمستهلكات بتناول ما يتوفر حولها من المنتجات ، إلا أن هناك كميات كبيرة ليست في متناول هذه المستهلكات ، كما أن المادة الحية غالباً ليست بمتناول المحللات أو الكائنات الرميّة . وتختلف الإنتاجية الصافية المتوفرة لآكل أعشاب معين من وقت لآخر خلال السنة وكذلك من مكان لآخر . وبعد تناول المنتجات هناك جزء تمتصه أجهزة الهضم يتراكم في انسجة الكائن الحي Assimilation وجزء لا يهضم فيخرج على شكل براز Feces ، وكذلك هناك مخلفات عمليات الأيض التي تخرج على شكل بول Urine وكلاهما يدخل السلسلة الرميّة فيلاحظ مثلاً أن الجراد يحافظ على ما نسبته ٣٠٪ مما يستهلك من الأعشاب ويطرد ٧٠٪ للسلسلة الرميّة . أما الفئران فانها تحافظ على ما نسبته ٨٥ – ٩٠٪ من مجموع ما تستهلكه من الأعشاب ، ويمكن حساب الإنتاجية الثانوية بالمعادلة التالية :

$$P = C - Fu - R$$

P - الإنتاجية الثانوية $(Kcal/m^2/yr)$

C - الطاقة المستهلكة $(Kcal/m^2/yr)$

R - الطاقة الضائعة بعملية التنفس

Fu - الطاقة الضائعة خلال البراز ، البول ، الغازات وأي عوامل أخرى .

اما العوامل التي تحدد الإنتاجية الثانوية فهي نوعية الغذاء (محتواها من الغذاء

والقدرة على هضمها) ، كمية الغذاء وتواجد الغذاء .

ويمكن إستعمال مقاييس عديدة لدراسة الإنتاجية الثانوية مثل قياس فعالية المستهلك في إستخلاص الطاقة من الطعام المُستهلَك وهي نسبة التراكم (A) Assimilation (مقدار ما يتراكم في الأنسجة الحية من مواد عضوية مبتلعة) إلى الطعام المبتلع (I) أو (A/I) . وكذلك مقياس P/A للدلالة على فعالية المستهلك في إستملاك الطاقة في أنسجته ، حيث تشير P لطاقة المنتجات الصافية أي المتوفرة للمستهلك الثانوي وA لنسبة الطاقة المتراكمة . وتختلف النسبة P/A بإختلاف نوع المستهلك ، فيلاحظ أن اللافقاريات لها قدرة أكبر من الفقاريات في تحويل الطاقة المتراكمة إلى طاقة صافية مخزنة في الأنسجة .

٣:٤:٣ الكفاءات البيئية Ecological Efficiencies

وتعرف على أنها النسبة المئوية للكتلة الحية الناتجة عن مستوى غذائي معين والتي ستدخل في الكتلة الحية للمستوى الغذائي الذي يليه . ويمكن حساب الكفاءة البيئية إعتماداً على عدة مقاييس مرتبطة بالمستويات الغذائية أو بالجماعات أو حتى بالأفراد (جدول ٣-٣) .

وتختلف هذه الكفاءات بإختلاف النوع أو الجماعات أو المستوى الغذائي . فمثلاً كفاءة النمو تكون أكبر في الحيوانات كبيرة الحجم والصغيرة العمر عن الحيوانات صغيرة الحجم أو المتقدمة في العمر . وتكون كفاءة الإمتصاص الغذائي أعلى في الحيوانات آكلة اللحوم عنها في آكلة الأعشاب ، إلا أن عملية التنفس بالنسبة للطعام المتناول وإمتصاصه تكون مرتفعة في المستويات الغذائية العُليا . ومع إختلاف الأراء إتضح أخيراً أن نسبة التراكم (تراكم المادة العضوية) ما بين مستوى غذائي وآخر (A/A_{n-1}) حوالي ١٠٪ وأن الإنتاجية الصافية ما بين المستويات الغذائية المختلفة تكاد تكون ثابتة.

جدول (٣-٣) . بعض الكفاءات المتعلقة بالطاقة وكيفية حساباتها . n تشير إلى المستوى الغذائي ، n + 1 المستوى الغذائي الذي يلي n. n - 1 المستوى الغذائي الذي يسبق n (Smith , 1980) .

	التعريف	النسبة	الكفاءة
* للمنتجات	الطاقة المثبتة في النباتا / الضوء الممتص	$= \frac{An}{In} =$	Assimilation efficiency كفاءة التراكم
* للمستهلكات	= الطعام الممتص / الطعام المبتلع		
	مقدار الطاقة الواصلة لمستوى n + 1 / الطاقة المأخوذة في مستوى n	$= \frac{Pn}{In} =$	Ecological efficiency الكفاءة البيئية
	الإنتاجية الصافية في مستوى n / الطعام المبتلع في مستوى n	$= \frac{NPn}{In} =$	Ecological growth efficiency كفاءة النمو البيئية
	الإنتاجية الصافية في مستوى n / الإمتصاص في مستوى n	$= \frac{NPn}{An} =$	Growth efficiency كفاءة النمو
	الإمتصاص في مستوى n / الإنتاجية الصافية في مستوى n-1	$= \frac{An}{NPn-1} =$	Trophic-level production efficiency الكفاءة الإنتاجية للمستوى الغذائي
	الطعام المأخوذ في مستوى n / الإنتاجية الصافية في مستوى n-1	$\frac{In}{NP-1} =$	Utilization efficiency كفاءة الاستهلاك

٣:٤:٤ ميزانية الطاقة للمجتمع البيئي Community energy budget

يشمل تدفق الطاقة عناصر داخلة إلى النظام البيئي وأخرى خارجة منه ، فيمكن تقدير الفعالية والإنتاجية لنظام بيئي معين عن طريق حساب ما يدخل إليه من طاقة وما يخرج منه عبر المستويات الغذائية المختلفة ، وهذا ما يعرف بإنتاجية النظام البيئي الصافية Net Ecosystem Production (وتسمى غالباً إنتاجية المجتمع الصافية Net Com-muinty Production). ويمكن حسابها بالشكل التالي :

إنتاجية النظام البيئي الصافية (مجموع الكتلة الحية) = الإنتاجية الإبتدائية الإجمالية – التنفس النباتي – التنفس الحيواني – تنفس المحللات .

ويمكن توضيح ذلك بمثال لمجتمع بيئي ذاتي التغذية ، مثل المستنقعات المالحة . (Smith , 1980).

المدخلات كضوء الشمس	٦٠٠٠٠٠ كيلو كالوري / م٢ / سنة
الفقدان بعملية التمثيل الضوئي	٥٦٣٦٢٠ أو ٩٣٫٩٪ من طاقة الضوء .
الإنتاجية الإجمالية	٣٦٫٣٨ أو ٦٫١٪ من طاقة الضوء
تنفس المنتجات	٢٨٫١٧٥ أو ٧٧٪ من الإنتاج الاجمالي
الإنتاجية الصافية	٨٫٢٠٥ كيلو كالوري / م٢ / سنة
تنفس البكتيريا	٣٫٨٩٠ أو ٤٧٪ من الإنتاجية الصافية
تنفس المستهلك الأول	٠٫٥٩٦ أو ٧٪ من الإنتاجية الصافية
تنفس المستهلك الثاني	٠٫٠٤٨ أو ٠٫٦٪ من الإنتاجية الصافية

مجموع مقدار الطاقة الضائعة عن طريق المستهلكات ٤٫٥٣٤٠ أو ٦٠٪ من الإنتاجية الصافية .

إنتاجية النظام البيئي الصافية = ٨٫٢٠٥ – ٤٫٥٣٤ = ٣٫٦٧ أو ٤٥٪ من الإنتاجية الصافية .

الفصل الرابع

الدورات البيوجيوكيميائية

Biogeochemical Cycles

١:٤ مدخل الفصل Introduction

تمثل الشمس مع الماء عاملان أساسيان في تحديد الإنتاجية الإبتدائية في النباتات ، وبالتالي الإنتاجية الثانوية في الحيوانات ، إلا أنه يوجد عاملاً ثالثاً قد يكون مُحدداً ألا وهو وجود المعادن المغذية (المغذيات النباتية) . وعادة ما يحتاج الكائن الحي إلى ستة عناصر بشكل أساسي وهي : الكربون ، الهيدروجين ، الأُكسجين ، النيتروجين ، الفسفور والكبريت . كما أن هناك عناصر ضرورية أخرى يحتاجها الكائن الحي بكميات ضئيلة وتشمل الصوديوم ، البوتاسيوم ، المنغنيز ، الكالسيوم ، الحديد ، المغنيسيوم ، الكلور ، اليود ، الكوبالت والبورون . وتوجد معظم هذه العناصر في الطبيعة كأملاح في الصخور ، وبواسطة عمليات التعرية والحتّ تنساب هذه العناصر إلى التربة والأنهار والبحيرات والمحيطات .

إن إنتقال العناصر عبر الكرة الحية أو عبر نظام بيئي معين بواسطة العمليات الفيزيائية (التعرية ، الترسيب ، التبخر ، هطول المطر) والعمليات الحيوية (تناول هذه العناصر من قبل الأحياء والإستفادة منها ، ومن ثم إخراجها) يدعى بالدورات

البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles . وأي دورة من هذه الدورات يمكن تقسيمها إلى جزئين أولهما قطب التخزين Reservoir pool ، ويمثل الجزء الأكبر من الدورة ويكون بطيء التحرك ويشمل المكونات غير الحية . وثانيهما القطب الدوراني Cycling pool ويمثل الجزء الأصغر النشط من الدورة والذي ينساب بين الكائنات الحية . لذا فدراسة الدورات البيوجيوكيميائية قد تفيدنا في فهم إتزان النظام البيئي وظاهرة التلوث وتأثيرها سواء على المكونات الحية أو المكونات غير الحية وكذلك في إمكانية إعادة الجزء المفقود (سواء البيولوجي أو الفيزيائي) للدورة وبالتالي الإسراع في دورانها . ويقول (Odum 1983) ان حماية المصادر الطبيعية في مفهومها العام تعني تحويل العمليات الغير دورانية إلى عمليات دورانية أكثر .

٤:٢ دورات العناصر The cycle of elements

تختلف العناصر في سرعتها في الدوران ، فمنها ما هو سريع ويتمثل بدورة العناصر التي تتواجد أغلبيتها في الحالة الغازية Gaseous type (الكربون ، النيتروجين ، الماء) ويعتبر قطب التخزين هنا هو الجو Atmosphere أو المحيطات Hydrosphere. ومنها ما هو بطيء ويتمثل بدورة العناصر التي أغلبيتها في الحالة الرسوبية Sedimentarry type (الفوسفور والكبريت) وتمثل القشرة الأرضية هنا قطب التخزين . ودوران الدورات الغازية أسرع من الدورات الرسوبية كما وتعتبر الدورة الغازية مكتملة الدوران أما الدورة الرسوبية فعادة ما يحتجز جزء من مكوناتها في قشرة الأرض ويبقى مدة طويلة من الزمن .

٤ : ٢ : ١ دورة الماء Water cycle

تغطي مياه المحيطات والبحار حوالي ٧٠٪ من المساحة الكلية للكرة الأرضية ، وتعتبر دورة الماء (الشكل ٤–١) سريعة الدوران في الطبيعة حيث تتبخر المياه السطحية بواسطة الطاقة الحرارية للشمس ويتصاعد البخار للغلاف الجوي ويتكاثف مكوناً السحب ومن ثم يهطل الماء على شكل أمطار أو ثلوج على سطح الكرة الأرضية ، وبعد ذلك يكون مصير الماء إحدى الطرق التالية :

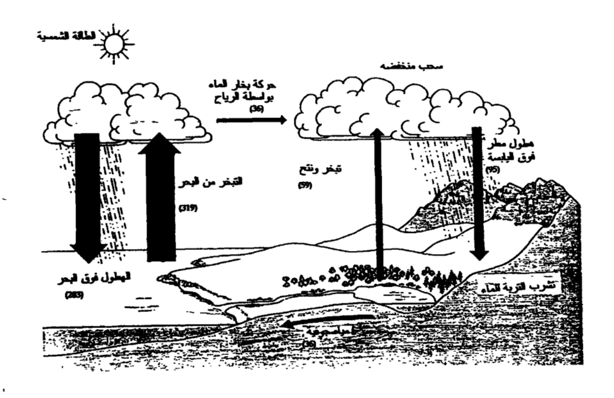
– إعادة التبخر والعودة إلى الغلاف الغازي مباشرة .

– يتدفق القسم الأكبر منه على شكل مياه سطحية تكوّن جداول صغيرة

وتلتقي في الأنهار أو الوديان لتذهب إلى المياه السطحية ومن ثم تتبخر وتعود إلى الغلاف الغازي .

– قسم قليل من المياه ينساب لتغذية المياه الجوفية ولكنه يعود للدورة من جديد عند إستعمال المياه الجوفية من قبل الإنسان في مختلف الأغراض .

– تستفيد الكائنات الحية من الماء في بناء الخلايا ويعود الماء إلى الدورة بواسطة التنفس والتبخر والنتح من أسطح وأجساد الكائنات الحية .



شكل (٤–١) الدورة المائية (Campbell, 1992) الأرقام في الشكل مضروبة في 10^{18} غرام / سنة وتشير إلى إنسياب الماء ودورانه في الطبيعة.

٢:٢:٤ دورة الكربون Carbon cycle

يوجد الكربون في الجو على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 كما ويتوفر بصورة سائلة في خلايا الكائنات الحية وفي المياه ، أما الحالة الصلبة للكربون فتترسب في الطبقات الصخرية وفي المركبات العضوية كالدبال Humus . وتقوم النباتات الخضراء والطحالب بتثبيت ثاني أكسيد الكربون الجوي على شكل مركبات كربوهيدراتية . أما الحيوانات فإنها تحصل على الكربون نتيجة تغذيتها على النباتات الخضراء أو على الحيوانات الأخرى المشتركة معها في السلسلة الغذائية الواحدة ، حيث تنتقل المواد الكربوهيدراتية إلى أجسامها لتستخدمها في بناء مركبات عضوية أخرى لتقوم بأكسدتها فتحصل على الطاقة اللازمة لها . ويعود عنصر الكربون إلى الطبيعة بإحدى الطرق التالية (الشكل ٤-٢) :

١ - عمليات التنفس في الكائنات الحية المختلفة .

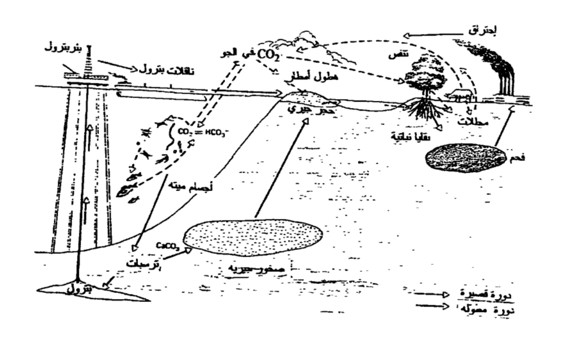
٢ - البراكين والينابيع المعدنية .

٣ - عمليات الإحتراق لأنواع الوقود المختلفة .

٤ - عمليات تحلل أجسام الكائنات الحية ، وتحليل إفرازات وفضلات الكائنات الحية بواسطة المحللات ، مما يؤدي إلى إنطلاق معظم الكربون الموجود في هذه المخلفات العضوية على شكل غاز CO_2 والجزء المتبقي يظل على شكل مواد عضوية في التربة ، يعاد إستخدامها من قبل النباتات .

٥ - في البيئات المائية ، يوجد الكربون إما ذائباً في الماء أو في حالة صلبة (على شكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) في أصداف وقشور الكائنات الحية التي قد تندمج وتحجز مع الصخور الرسوبية . وقد يعود الكربون إلى التربة بفعل عمليات التعرية والحت نتيجة لجفاف المياه وتعرّي الصخور ولكن هذه العملية بطيئة جداً وتحتاج لفترات زمنية طويلة . ولابد من الإشارة هنا أن بعض الطحالب المائية تستعمل الكربونات كمصدر للكربون في عملية التمثيل الضوئي ، إلا أن إستعمال ثاني أكسيد الكربون يعتبر أكثر فاعلية في الإنتاج .

٦ – قد يترسب الكربون على شكل مواد عضوية غير محللة في قيعان المستنقعات والبيئات المائية وبالتالي تبقى هذه المواد الكربونية محجوزة لمدة طويلة ولحين إستخراجها على شكل فحم أو بترول أو غاز (وقود) .في السنين الأخيرة إزداد تدخل الإنسان في الأنظمة البيئية مما أدى إلى إزدياد نسبة الكربون في الجو ، وبالتالي الإخلال في دورة الكربون . إذ بلغت كمية ثاني أكسيد الكربون التي تنتج غالباً بسبب حرق الوقود (مثل البترول والفحم) حوالي ١٤ مليار طن سنوياً ، ينطلق حوالي نصفها إلى الغلاف الغازي ، بينما تمتص التربة والغلاف المائي القسم المتبقي منها . وسنتحدث في فصل لاحق (الفصل العاشر) عن المشاكل البيئية المتعلقة بالتلوث بعنصر الكربون وعناصر أخرى كثيرة .



الشكل (٤–٢) دورة الكربون في الطبيعة . (Arms & Camp, 1982)

٤:٢:٣ دورة الأكسجين Oxygen cycle

يوجد الأكسجين في الهواء بنسبة ٢١٪ ويوجد مذاباً في الماء بنسب متفاوتة كما ويوجد في طبقة الغلاف الغازي Stratoshere في الجو على شكل أوزون O_3 . وهناك إرتباط بين عنصر الكربون والأكسجين يتمثل بأهم عمليتين في الكائنات الحية ألا وهما التمثيل الضوئي والتنفس ، فجميع الكائنات الحية تحتاج للأكسجين في عملية التنفس وتطلق ثاني أكسيد الكربون . وتقوم المنتجات (النباتات) بتثبيت ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء وتحويله إلى مركبات عضوية تحوي الكربون والهيدروجين وعناصر أخرى . وتكمن أهمية الأكسجين في كونه عنصر مهم لتنفس الخلايا الحية وفي بناء طبقة الأوزون في الجو . وغاز الأوزون يمتص الأشعة فوق البنفسجية (القادمة من الشمس) ويمنع مرورها للأرض إلا بكميات ضئيلة ، وإختراق هذه الأشعة للغلاف الجوي بكميات زائدة يسبب إحداث طفرات في المادة الوراثية ، وبالتالي تشويهات أو موت الكائنات الحية المتنوعة . ويتم بناء الأوزون من الأكسجين كما في المعادلات التالية :

$$O_2 \xrightarrow{UV} O + O$$

135 - 176 نانوميتر

$$O + O_2 \xrightarrow{UV} O_3$$

وعندما يمتص الأوزون الأشعة فوق البنفسجية فإنه يتحول إلى الأكسجين تلقائياً وبالتالي يحدث توازن طبيعي مستمر في طبقة الأوزون في الجو .

$$O_3 \xrightarrow{UV} O + O_2$$

300 نانوميتر

٤:٢:٤ دورة النيتروجين Nitrogen cycle

تعتمد جميع المستهلكات على الكائنات ذاتية التغذية في تثبيت النيتروجين وإدخاله في البروتينات والأحماض النووية . وتعتمد النباتات على الكائنات التي تمارس البناء الكيميائي والكائنات المحللة في إعادة النيتروجين إلى الدورة وبالتالي إكمالها . ورغم أن غاز النيتروجين يشكل حوالي ٧٨٪ من الهواء إلا أنه خاملاً (لا يتفاعل مع

عناصر أخرى) وبالتالي لا يستخدم بشكل مباشر ، ويمكن للكائنات الإستفادة منه إذا تحول إلى مركبات أخرى . ويتم تثبيت النيتروجين الجوي إما عن طريق التثبيت الفيزيائي Physical fixation وهي عملية فيزيائية تنتج عن التأثير المؤيّن للبرق على غاز N_2 الذي يتحول إلى نترات NO_3 والتي بدورها تتساقط مع الأمطار على التربة والمياه السطحية . أو عن طريق التثبيت الحيوي Biofixation بواسطة البكتيريا والطحالب المثبتة للنيتروجين والمتواجدة في الماء والتربة حيث يتم تحويل النيتروجين الجوي الخامل إلى مركبات تستطيع النباتات الإستفادة منها مثل الأمونيا NH_4^+ والنترات NO_3^- التي تعد أهم مصدر نيتروجين للنبات لسهولة إمتصاصها من التربة ، وتمثل مجاميع الكائنات الدقيقة التالية المثبتات الحيوية للنيتروجين:

١ – أنواع من البكتيريا حرة المعيشة Free-leving bacteria مثل أزوتوباكتر *Azotobacter* (وهي هوائية) وكلوستريديوم *Clostridum* (لاهوائية) .

٢ – أنواع من الطحالب الخضراء – المزرقة مثل : *Claothrix ,Anabaena , Nostoc*.

٣ – البكتيريا تكافلية المعيشة Symbiotic bacteria مثل *Rhizobium* والتي تعيش في العقد الجذرية Nodules لبعض النباتات مثل عائلة البقوليات Leguminosa . حيث تقوم النبتة بتزويد البكتيريا بعناصر الغذاء المختلفة وتقوم البكتيريا بتثبيت غاز النيتروجين الخامل وتحويله إلى نترات يستفيد منها النبات . وتعدّ البكتيريا التكافلية ذات كفاءة عالية في تثبيت النيتروجين مقارنة بالكائنات الدقيقة الأخرى .

٤ – البكتيريا الزهرية Purple bacteria والتي تقوم بعملية التمثيـل الضوئي مـثل *Rhodospirillum* وكذلك أنواع من بكتريا التربة .

٥ – أنواع من الفطريات البسيطة والتي تدعى أكتينومايسيت Actionmycetes والتي تعيش في التربة على جذور أنواع من النباتات غير البقولية .

وهناك مصادر أخرى تزود التربة بالمركبات النيتروجينية ، وهذه المصادر ناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة وخصوصاً الملوثات الصناعية ، وكذلك الأسمدة الكيماوية النيتروجينية والتي تستعمل عادةً في الزراعة المكثفة أو الزراعة العمودية . وبالرغم من

عظم كمية الإنتاج الصناعي من الأسمدة الكيماوية ، كنتيجة لتزايد الإنتاج الزراعي ، يبقى أكبر مصدر للنيتروجين المستخدم بواسطة النبات هو النيتروجين المثبت بفعل البكتيريا الأرضية وخصوصاً التكافلية المعيشة . وتبدأ دورة النيتروجين (الشكل ٤-٣) بإمتصاص النباتات الخضراء (بواسطة الشعيرات الجذرية) للنيتروجين القابل للذوبان على شكل نترات NO_3^- وأمونيوم NH_4^+ وأحياناً أمونيا NH_3 ، وتستخدم في بناء الأحماض الأمينية والبروتينيات . ثم تتبع المركبات النيتروجينية المسالك الثلاثة التالية :

١ - تختزن أو تحفظ على هيئة بروتينات أو أحماض نووية داخل النبات .

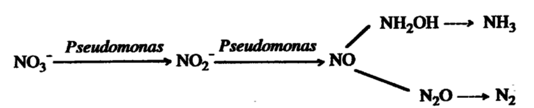
٢ - تتحول إلى بروتينات حيوانية من خلال إستهلاك الحيوان للنبات .

٣ - تتحلل إلى مركباتها الأولية ، عن طريق عمل المحللات على إفرازات الكائنات الحية أو جثثها . وفي دورة التحلل وبوجود الأكسجين يتأكسد الأمونيوم بواسطة البكتيريا إلى النيترايت Nitrite والتي تتأكسد بدورها إلى نترات Ni-trate يمتصه النبات، وتسمى هذه العملية النترتة (تكوين النترات) Nitirfica-tion .

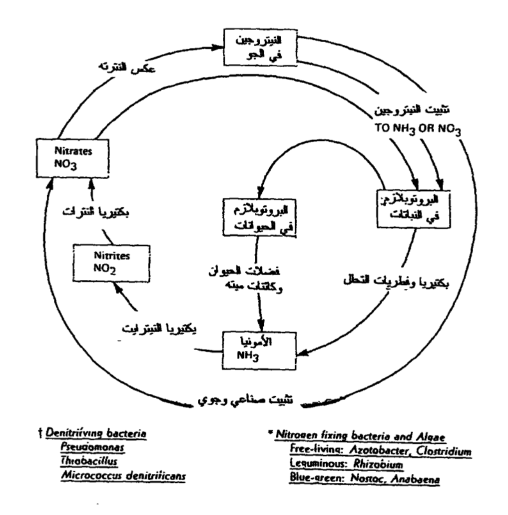
$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}} 2NO_2 + 2H_2O + 4H^+ + \text{طاقة}$$

$$2NO_2 + O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}} 2NO_3^- + \text{طاقة}$$

وتحت ظروف عدم وجود الأكسجين ، تختزل النترات بواسطة البكتيريا إلى نيترايت وغاز النيتروجين الذي يتصاعد إلى الغلاف الغازي ، وتسمى هذه العملية عكس النترتة Denitrification . وتشمل البكتيريا العاكسة للنترتة .



وقد يفقد جزء من النيتروجين في المياه الجوفية نتيجة لغسل التربة بمياه الأمطار ، إلا أنه يعود للدورة بعد إستعمال هذه المياه في ري المزروعات .



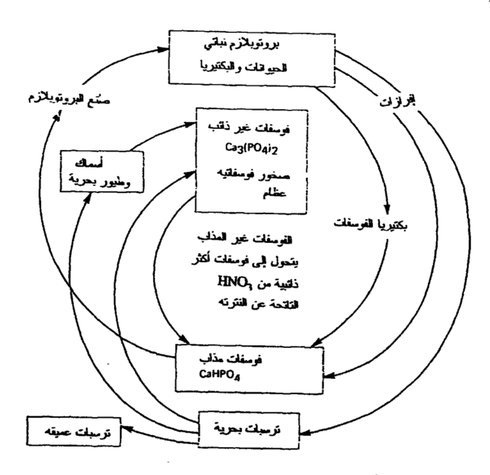
شكل (٤-٣) دورة النيتروجين . (Southwick, 1972)

٤:٢:٥ دورة الفوسفور Phosphorus cycle

يُعدّ الفوسفور عنصراً أساسياً في جميع الكائنات الحية ويلعب دوراً رئيسياً في كل خطوة من خطوات البناء العضوي ، وتكمن أهمية الفوسفور في كونه يدخل في تركيب المادة الحية Protoplasm ، وأغشية الخلايا Cell membranes ، والمادة

الوراثية (DNA + RNA) ، وحاملات الطاقة مثل (ATP , ADP , AMP)، ويدخل في تركيب العظام والأسنان وأصداف الحيوانات المختلفة . ويكون على شكل غير ذائب في الماء نسبياً (فوسفات الكالسيوم والحديد) وقد يتحول إلى أشكال ذائبة بواسطة حامض النيتريك الذي يتكون في الطبيعة بعملية النترتة .

وتعتبر دورة الفوسفور (الشكل ٤-٤) من الدورات الرسوبية البطيئة الدوران حيث يختزن جزءاً كبيراً منه في الصخور التي تشكل قطب التخزين الرئيسي في الدورة وقد يعود الفوسفور للدورة عن طريق عمليات التعرية وتفتت الصخور ويمكن لجزء منه أن يخرج من باطن الأرض لسطحها بواسطة البراكين . ويحتجز الفوسفور أيضاً في عظام الكائنات الحية إلى أن يتحلل بعد موتها .



شكل (٤-٤) دورة الفوسفور . (Southwick, 1972)

ويتوفر الفوسفور للمنتجات (النباتات والطحالب وغيرها) على شكل فوسفات $(PO_4)^{-3}$ ويتم إمتصاصه ليدخل في التفاعلات والتراكيب الحيوية . ومع تدرج السلسلة الغذائية تتناول المستهلكات الأولى الفوسفور من المنتجات لتنقله بدورها لكثير من الحيوانات عبر السلسلة الغذائية . وبعد موت المنتجات والمستهلكات يبدأ تأثير السلسلة الرميّة (المُحللات) حيث يتحلل الفوسفور لمواده الأوليّة ويعاد للتربة من جديد.

وقد يبقى الفوسفور في الطبقات العليا من التربة ، ولكن مع إنجراف التربة بواسطة الأنهار والسيول خصوصاً عند تدهور الغطاء النباتي يُحجز الفوسفات على هيئة رواسب بحرية عميقة ولا يعود إلى المستودعات الأرضية إلا عند حدوث تصدعات في الأرض بعد فترة طويلة من الزمن . وتقوم المنتجات المائية بأخذ الفوسفور المذاب في الماء وتشكيله في خلاياها ، ومن ثم تتغذى عليها المستهلكات ومنها الأسماك وحيوانات مائية أخرى ، ومن ثم المستهلكات البرية (مثل الطيور والإنسان) . وتستخدم فضلات الكائنات الحية المحتوية على الفوسفات في الزراعة وبالتالي تكون كمية الفوسفور المفقودة في النظام البيئي المتوازن قليلة جداً .

وهناك مصدر حديث للفوسفور ألا وهو تعدين الفوسفات وإستعماله في الزراعة كأسمدة كيماوية أو طبيعية في المنظفات الكيماوية . والمصدر الأخير هو الأكثر أهمية بيئياً حيث تدخل المنظفات شبكات مياه الصرف ثم تنطلق بعد ذلك في القنوات والبحيرات والمصبات ، وكثيراً ما تكون فضلات المنظفات من الوفرة في القنوات بحيث تسبب رغوة شديدة في مصبات المياه . ويؤدي الفوسفات المذاب في الماء بتراكيز معينة إلى زيادة الكتلة الحيوية من طحالب وهوائم مائية ، وبالتالي تحدث المنظفات ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication وقد تحدث تلوثاً في مياه البرك والبحيرات ، حيث أن تحلل هذه الطحالب الكثيفة عند موتها يحتاج كميات كبيرة من الأكسجين ، مما يؤدي إلى القضاء على الكائنات الأخرى بسبب نقص الأكسجين ، وهذا النقص يؤدي إلى إنقلاب عملية التحلل الهوائي إلى عملية التحلل اللاهوائي الذي ينتج عنه غازات سامة وروائح كريهة ، مثل غاز الميثان والأمونيا .

٤:٢:٦ دورة الكبريت Sulphur cycle

تكمن أهمية الكبريت في كونه عنصراً أساسياً في بناء العديد من البروتينات ، ويستخدم في تنشيط بعض الأنزيمات وفي تفاعلات إزالة المواد السامة في الجسم .

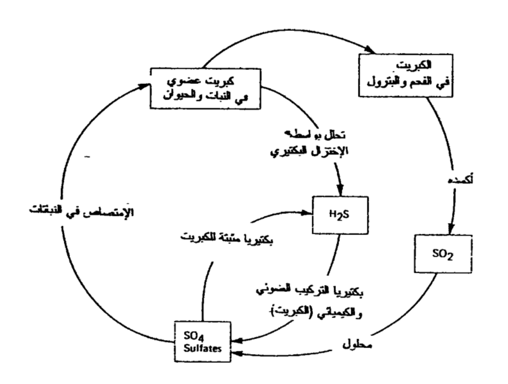
وفي الطبيعة يوجد على شكل كبريتيد الهيدروجين H_2S والكبريت العنصري S والكبريتات $(SO_4)^{-2}$ ويأتي الكبريت من مصادر متعددة منها :

١ – تحلل المواد العضوية في التربة بواسطة البكتيريا حيث يتكون كبريتيد الهيدروجين الذي يتأكسد لاحقاً ليتحول إلى الكبريت (مثل كبريتات الأمونيوم) بواسطة البكتيريا المؤكسدة للكبريت .

٢ – التعرية الجوية لبعض الصخور المحتوية على الكبريت .

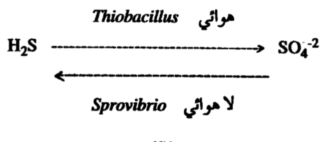
٣ – البراكين حيث تنطلق غازات الكبريت من باطن الأرض .

٤ – التلوث الصناعي ، حيث تنطلق غازات الكبريتSO_2 من المصانع ووسائل النقل والتدفئة إلى الغلاف الغازي ويسقط مع مياه الأمطار على شكل قطرات من حامض الكبريتيك H_2SO_4 المخفف ، مكوناً ما يعرف بالأمطار الحامضية Acid rain ، والتي أصبحت مشكلة بيئية في بعض المناطق حيث تؤثر على الغطاء النباتي البري ، وقد تصل الأمطار الحامضية إلى البرك والبحيرات لتؤثر على حياة الأسماك والكائنات المائية . وتبدأ الدورة (الشكل ٤–٥) بأن تأخذ المنتجات الكبريت من التربة على شكل أيونات الكبريتات $(SO_4)^{-2}$ وتستخدمه في صناعة البروتينات ومواد حيوية أخرى ومن ثم تتغذى الحيوانات على المنتجات فتستفيد من عنصر الكبريت . وعند موت الكائنات الحية يتم تحلل المواد العضوية إما هوائياً أو لا هوائياً ، وفي الظروف اللاهوائية التي قد تكون ناتجة عن ظاهرة الإثراء الغذائي آنفة الذكر (في المصبات الملوثة والمستنقعات) ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الذي يلوث البيئة لأسباب أهمها التأثير السام على الكائنات الحية ، والرائحة الكريهة في مياه الشرب ، وإحداث الأضرار بالإسمنت والمعادن وأصباغ المنازل عن طريق الأكسدة .



شكل (٤–٥) دورة الكبريت (Southwick, 1972)

وفي الظروف الهوائية يتحلل الكبريت العضوي (في النباتات والحيوانات) إلى H_2S حيث يتم أكسدته إلى الكبريتات $(SO_4)^{-2}$ بواسطة البكتيريا المؤكسدة للكبريت *Thiobacillus* لتحصل على الطاقة . ويعاد إستخدام $(SO_4)^{-2}$ من جديد من قبل المنتجات وهكذا . وقد تعود الظروف اللاهوائية فيتم إختزال الكبريتات بواسطة البكتيريا المختزلة للكبريت *Sporovibrio* . كما يلي :



وتقوم البكتيريا المؤكسدة للكبريت أيضاً بأكسدة الكبريت العضوي للحصول على الطاقة في عملية البناء الكيميائي Chemoautotrophic ، وينتج عن ذلك حامض الكبريتيك .

Thibacillus

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \longrightarrow 2H_2SO_4$$

ويقوم حامض الكبريتيك بتفكيك الصخور وإذابة وترسيب العناصر الغذائية ومن ثم توفيرها في التربة لتستفيد منها النباتات . وتعتبر البكتيريا المؤكسدة للكبريت أكثر الكائنات الحية تحملاً للدرجة الحموضة . وفي بعض الأحيان يمكن لكبريتيد الهيدروجين أن يتراكم بالهدم السريع للبروتينات ، ففي البحر الأسود وتحت عمق ١٥٠ متر تكون تراكيز كبريتيد الهيدروجين وحامض الكبريتيك من الإرتفاع بحيث تستبعد كل أشكال الحياة فيما عدا بكتيريا الكبريت . كما أن هناك جزء من الكبريت يحتجز في الفحم والنفط وينطلق على هيئة ثاني أكسيد الكبريت عند حرق هذه المواد .

واخيراً نقول ان اهمية معرفة هذه العناصر ودوراتها في الطبيعة تؤكد العلاقة وتفاعلها بين العوامل الحية وغير الحية من ناحية وتبين كيفية حدوث التلوث بهذه العناصر من ناحية اخرى . لقد حاولنا في هذا الفصل ان نركزَ على أهمية دورات العناصر بدون التطرق لمسألة التلوث ، حيث سيُفرد فصلاً لاحقاً عن التلوث ببعض العناصر المذكورةِ آنفاً .

الفصل الخامس

العوامل البيئية وتوزيع الكائنات الحية

Ecological Factors and The Distribution of Living Organisms

٥ : ١ العوامل المحددة ومستويات التحمل

Limiting factors and tolerance levels

يوجد لكل كائن حي متطلبات محددة لا بد من توفر الحد الأدنى منها على الأقل حتى يستمر نموه وتكاثره ، وهذا المفهوم يُعرف بقانون ليبيج للحدّ الأدنى Liebig's law of Minimum والذي وضعه عالم الكيمياء العضوية الألماني جوسوس ليبيج Jusus Liebig في عام ١٨٤٠ من خلال دراساته على المحاصيل النباتية. وينص هذا المفهوم على أن وجود أو وفرة كائن حي في حالة معينة يتطلب الأساسيات الضرورية للنمو والتكاثر . ويبين هذا المبدأ البيئي أن هذه المتطلبات الأساسية تختلف حسب الأنواع المختلفة ، وأن أي عامل بيئي يكون الأقرب إلى الحد الأدنى لنوع ما يكون في طريقه إلى أن يصبح عاملاً محدداً لهذا النوع . وأوضح ليبيج المثال التالي : فعندما تتوفر الإحتياجات الأساسية لمحصول ما فإنه ينمو ويتكاثر وعندما يفقد عنصر واحد من هذه الإحتياجات فإن المحصول يموت ، وإذا توفر بحد أدنى فإن النمو يكون

بالحد الأدنى . ونتيجة للدراسات اللاحقة تبين أن عوامل أخرى غير الغذاء تحدد حياة الكائنات (نباتات وحيوانات) مثل الرطوبة الحرارة ، الضوء ، الرياح ... الخ .

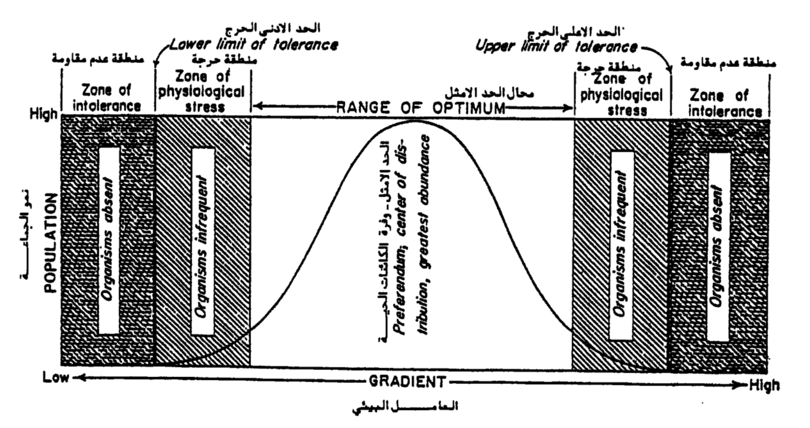
وتبين أيضا أن نجاح الكائن الحي لا يتحدد بالحدود الدنيا للموارد البيئية فقط وإنما أيضاً بالحدود العُليا وأن أي كائن حي يعيش في مدى محدود بين الحد الأدنى والحد الأقصى . وهذا المفهوم أكمل تصورنا لمفهوم العوامل المحددة Limiting factors فقد وضع العالم شيليفورد V.E.Shelford عام ١٩١٣ م قانوناً يُعد من أفضل المفاهيم المنهجية للمبادئ البيئية المتعلقة في توزيع الكائنات الحية ، ويطلق على هذا القانون بقانون التحمّل والذي ينص على أن أي متغير (مؤثر) يقع تحت الحد الأدنى أو يتعدى الحد الأقصى الحرج يدفع ببعض الكائنات الحية خارج تدرج التحمل (الحالة المثالية) . فإذا حدث تعدٍ عن حدود التحمل لنوع معين فإنه يؤدي إلى إختفاء هذا النوع من تلك المنطقة طالما كان هذا الظرف قائماً ، ويسمى هذا العامل بالعامل المُحدد . ويمثل الشكل (٥-١) وصف لمنحنى التحمل للكائنات الحية . ويندرج تحت قانون التحمّل بعض المبادئ الأساسية في علم البيئة وهي :

١- أن لكل كائن حي مدى تحمل للظروف البيئية المتعددة كدرجة الحرارة والرطوبة والضوء ...الخ . وقد يكون هذا المدى ضيق Stenoecious أو واسع Euryoecious فيشار مثلاً لبعض الكائنات البحرية بأنها واسعة التحمل الملحي Euryhaline ولبعض النباتات بأنها ضيقة التحمل لعامل الحرارة Stenothermal ، لذا نستخدم مقطع Eury ليعني واسع ، ومقطع Steno ليعني ضيق .

٢-وقد يكون أحد الكائنات الحيّة واسع التحمّل لعوامل معينة وضيق التحمّل لعوامل أخرى .

٣- الكائنات الحية التي لها مدى تحمل واسع لمجمل الظروف البيئية المحيطة تكون واسعة الانتشار .

٤ - لا تعيش الكائنات الحية في الوضع الطبيعي في الظروف المثالية من مجال التحمّل وذلك لأن تأثيرات العوامل البيئية تتداخل مع بعضها . فمثلاً تحتاج زهرة الأوركيد Orchid إلى الضوء لتنمو وتزدهر ولكننا لا نجدها إلا في الظل بسبب إرتفاع درجة



الشكل (٥-١) العلاقة بين قانون التحمل وتوزيع وحجم الجماعة في مجال التحمل وحول الحدود الحرجة كما رسمها Shelford, 1931 (عن Kendeigh , 1980).

الحرارة في المناطق المضيئة والتي لا تستطيع الزهرة تحملها ، وبالتالي فإن ضيق تحملها للحرارة أدى إلى أن تعيش بعيدة عن الظروف المثالية من الضوء.

٥- مرحلة التكاثر في الكائن الحي هي المرحلة الحرجة التي تحتاج لظروف بيئية قريبة من الحد المثالي . لذا نجد أن تكوّن البذور والبيوض والأجنة والطلائع النباتية واليرقات لا يكون إلا في فترات محددة من السنة تحت الوضع الطبيعي وذلك لعدم إستمرارية الظروف المثالية على مدار السنة .

إن المبادئ البيئية التي وضعها ليبيج وشيلفورد تعد خطوط إرشاد قيمة في تحليل العوامل التي تحدد وفرة النباتات والحيوانات وبالتالي يستفيد علم البيئة التطبيقي من هذين المبدئين للعمل على زيادة الإنتاجية أو التوسع في نطاق البحث الدقيق لبعض النباتات أو الحيوانات ، أو العمل على إيجاد عامل محدد يستطيع أن يقلل من توفر حيوان ما أو آفة معينة . وكلا الحالتين تعد من الإتجاهات الشائعة لبحوث البيئة التطبيقية في الزراعة وإدارة الحياة البرية والصحة العامة .

ويتباين مدى التحمل والظروف المثلى للنوع الواحد ، وخصوصاً إذا تواجد هذا النوع في مدى جغرافي واسع . وذلك بسبب ظهور تراكيب جينية عن طريق الإنتخاب الطبيعي والتكيف ، لذا نجد أن مدى التحمل والحدود الدنيا والقصوى الحرجة ، والمقاييس المثالية تختلف تماماً عند مقارنة أفراد لهذا النوع في مناطق مختلفة . وتصبح الفوارق أكثر تطرفاً كلما إقتربنا من حدّي هذا المدى الجغرافي . وقد تُحدث هذه التغيرات تأثيراً على المجموع الجيني Gene pool لخلايا الكائن وبالتالي تباينا وراثيا في أفراد النوع الواحد . مثل هذه الجماعات التي تنتمي لنفس النوع وتتكيف محلياً يشار إليها بالأنماط البيئية Ecotypes . ولتوضيح ما هو النمط البيئي نذكر المثال التالي : هناك نوع من النبات *Plantago maritima* ينمو كنبات طويل (٣١٫٥سم) في المستنقعات والشواطيء في السويد وينمو كنبات قزم في المنحدرات الصخرية المحاذية للبحار في جزيرة فيروي Fearoe وعندما يؤتى بالنمطين البيئيين ليزرعا في مكان واحد وتحت نفس الظروف البيئية يقل التباين في الطول ولكنه يبقى واضحاً لذا يكون التغير في صفة الطول قد نتج عن تغير في الجينات الوراثية لهذا النوع . وقد

يكون التغير فسيولوجياً أو وظيفياً فقط عن طريق الجهاز العصبي أو الهرموني ولا يكون وراثياً وبالتالي يشار لهذه الجماعات بالمظاهر البيئية Ecophones وفي هـذه الحالـة تختفـي التباينات بين المظاهر البيئية عندما تُجلب للعيش تحت نفس الظروف البيئية .

٢:٥ العوامل البيئية Ecological factors

تشمل العوامل البيئية الحياتية (التداخلات البيولوجية) والعوامل اللاحياتية . وسنبحث في هذا الفصل العوامل اللاحياتية على أن تؤجل العوامل الحياتية إلى الفصل السابع الذي سنتحدث فيه عن تأثير هذه العوامل في تحديد توزيع الكائنات الحية في المجتمعات البيئية .

١:٢:٥ الحرارة Temperature

يوجد لكل كائن حي مجال حراري معين يستطيع أن يعيش فيه ، فإذا كانت درجة الحرارة خارج هذا المجال مرتفعة ، فإننا قلما نجد هذا الكائن الحي . فدرجة الحرارة غالباً ما تكونُ عاملاً محددا في توزيع ووفرة الكائنات الحية في منطقة ما . ويمكن القول أن هناك انواع من البكتيريا تعيش في أعماق البحار ، في المياه المعدنية المندفعة من قاع البحر ، متحملة درجة حرارة تصل إلى ٣٠٠ درجة مئوية . وتعيش أيضاً بعض أنواع البكتريا والطحالب في درجة حرارة تصل إلى ٩٠ درجة مئوية في الينابيع الساخنة الموجودة على اليابسة . في حين تعيش كائنات أخرى في بيئة قد تصل درجة حرارتها إلى ١٠٠ مئوية خصوصاً وهي في مراحل الخمول أو الركود Dor-mancy كالبذور مثلاً . ويكون التغير أو التأرجح الحراري في المياه أقل منه على اليابسة، لذا يكون المجال الحراري للكائنات التي تعيش في المياه أضيق نسبياً من المجال الحراري للكائنات البرمائية أو البرية . ويعتبر التغير في درجة الحرارة عاملاً فعالاً يؤثر على نشاط ونمو الكائنات الحية .

وكنتيجة لتأثير درجة الحرارة فإن الكائنات الحية قد تبقى تحت العامل البيئي أوتهرب منه بشكل أو بآخر من أشكال التكيف . وتؤثر درجة الحرارة على أي طور من دورة الحياة للكائن الحي وبالتالي تؤثر على توزيعه ووفرته ، من خلال تأثيرها على التكاثر والبقاء والنمو للكائن الحي وعلاقته مع الكائنات الأخرى . ومن الأمثلة على هذا التكيف هو تكيف النباتات في المناطق الباردة لتتحمل درجات الحرارة التي تقل عن الصفر المئوي ويحدث ذلك بالشكل التالي :

تستقبل معظم النباتات إشارة تحذير تدل على بداية فصل الشتاء ، وهي قصر النهار في الخريف ، فتصنع النباتات بعض المركبات الكيماوية في الأوراق لتؤثر على بدء تفاعلات أيضية تقاوم البرد ، لذا يفرز الماء خارج الخلايا أو يرتبط ببعض المركبات الكيميائية وذلك لمنع تجمده في الداخل ، والذي قد ينتج عنه تحطيم الخلية وآليتها الحيوية.

وكمثال آخر ، تعيش بعض الأسماك في بحيرات أو أنهار تتجمع في مياهها بلورات ثلجية وتبقى هذه الأسماك تمارس نشاطها الحيوي دون أن تتجمد وذلك لاحتواء أجسامها على بروتينات سكرية Glycoproteins تحوي مجموعات هيدروكسيل (OH –) تقاوم التجمد عن طريق خفض درجة حرارة الماء لتصبح أقل من الصفر وهذا بحد ذاته نوع آخر من التكيف .

ويُقاوَم الإرتفاع الشديد في درجة الحرارة وخصوصاً في الصحراء عن طريق تكيف سلوكي (عن طريق تجنب التأرجح في درجة الحرارة) أو عن طريق تكيف فسيولوجي (فقدان الماء من الجلد) أو إمتصاص التغير .

والمثال الذي يذكر على قدرة الكائن الحي على إمتصاص التغير في درجة الحرارة هو الجمل الذي يبلغ حجمه حوالي ٥ أضعاف حجم الإنسان ولا يعرق لعدم وجود الغدد العرقية في الجلد (للحفاظ على كمية الماء) لذا فإنه يقاوم التغير في درجة الحرارة بالشكل التالي : فقد تبين أن حرارة الجسم في الجمل تتغير تبعاً لدرجة الحرارة الخارجية (رغم أنه من ذوات الدم الحار) ، حيث ترتفع حرارته في النهار إلى ٤٠ مئوية وتهبط في الليل لتصل ٣٥ مئوية ، وبالتالي فإن الحرارة الزائدة التي يكتسبها في

النهار يفقدها في الليل بسبب البرد .

وتختفي الكثير من القوارض والحشرات والزواحف في جحورها تحت الأرض أو في الصخور لتجنب التغير في درجة الحرارة، وعادة ما تمارس نشاطها في الليل ، بينما يتكيف الإنسان مع درجة الحرارة المرتفعة بأن يفقد الماء من الجسم عن طريق الجلد الذي يؤدي إلى فقدان ما مقداره ٥٠٠-٦٠٠ كالوري من الجسم لتحويل ١ مل من الماء إلى بخار عن طريق العرق . وفي ظروف البرد يتكيف الإنسان بأن يلبس الملابس الشتوية التي تقيه البرد ، لذا يعتبر الإنسان قادراً على إمتصاص التغير بتكيف سلوكي وفسيولوجي معاً . ونستطيع القول أن الكائنات التي اعتادت علي درجة حرارة متغيرة وخصوصاً التي تعيش في المناطق الحارة يُثبط نموها حينما تتعرض لدرجة حرارة ثابتة ، والمثال التالي يوضح ذلك :

يعتقد بأن بيوض الجنادب التي تُحضن في درجة حرارة متغيرة تبدي تسارعاً في النمو مقداره ٣٨٫٦٪ في حين تبدي تزايداً مقداره ١٢٪ اذا تعرضت هذه البيوض لدرجة حرارة ثابتة .وعملياً يؤثر إنخفاض درجة الحرارة في البيئة على الكائنات الحية بأن يضعف نشاط الكائن الحي أو انه يلجأ إلى البيات الشتوي Hybernation كما في الزواحف وبعض الثدييات (الدببة) أو إلى الهجرة Migration من المناطق الباردة إلى المناطق الدافئة كهجرة الطيور من شمال أوروبا وروسيا إلى أفريقيا . ويؤثر إرتفاع درجة الحرارة في البيئة على الكائنات الحية بأن يزيد معدل النشاطات الحيوية في الكائن الحي أو الاختباء في الجحور (حيث تدني درجات الحرارة وإرتفاع الرطوبة نسبياً) أو اللجوء إلى أماكن الظل في ساعات النهار الحارة .

وقد اعتبر العالم دارون العوامل المحددة Limiting factors مثل الحرارة من المعوقات البيئية Ecological barriers لانتشار وتوزيع النوع ، ولكنه وجد أن للكائنات الحية مقدرة خاصة (فسيولوجية أو سلوكية) للتعامل مع تذبذبات الحرارة طالما تقع هذه الذبذبات ضمن الحالة المثالية . ويعتقد العلماء بأنه إذا ارتفعت درجة الحرارة عن الحد الأعلى لقدرة التحمل (أو إنخفضت) فإن هذا العامل - الحرارة - سيصبح تدرجاً قاتلاً ويعرف بالعامل القاتل Fatal factor= Lethal factor ولن تستطيع

الكائنات الحية أن تتكيف معه ، فتلجأ إلى الإعتماد على الإنتشار ، الهجرة ، أو أي سلوك آخر يمكن أن يقيها من التعرض لدرجة الحرارة المرتفعة أو تفشل فتموت .

وفي عام ١٩٢٢ بيّن العالم السويدي تيرسون Turesson أنه يوجد إختلافات جينية ضمن النوع وهذه الإختلافات تضمن لأفراد النوع الواحد التأقلم والتكيف في البيئة المحلية ، ودفع بمفهوم Ecotype ليبين الإختلافات الجينية ضمن النوع الواحد . وقام بإجراء تجارب ميدانية ومخبرية عديدة ليثبت نظريته مُجملاً إياها في مفهوم جديد من العلوم البيئية ألا وهو البيئة الجينية (Genecology) .

مما ذكر نستطيع القول أن للكائنات الحية تدرج مثالي تعيش فيه وتنمو وتتكاثر ضمنه بطريقة طبيعية ، وبما أن الحديث هنا عن درجة الحرارة فنقول أن لدى الكائنات الحية تدرج مرغوب للحرارة Preferred tem- أو Temperature- preferendum, perature فعلى سبيل المثال عندما وضعت أسماك من نوع *Gisella nigricans* في حوض حرارته متباينة تجمعت ٧٥٪ من الأسماك في التدرج الحراري الذي يقع بين ٢٦°م و ٢٨°م أما باقي الأفراد فتوزعت ما بين درجات الحرارة ٢٥–٢٧° م وهذا يبين أن درجة الحرارة المرغوبة لـ٧٥٪ من الافراد كانت ٢٦°م كما تبين هذه التجربة الإختلافات ضمن النوع الواحد نسبة للحرارة المرغوبة . وإذا حدث وأن ارتفعت درجة الحرارة سنرى أن الحوض تعمه الفوضى وتسبح فيه الأسماك بطريقة عشوائية غير محددة الإتجاه، وإذا إرتفعت أكثر ودخلت نطاق المجال القاتل أو التدرج القاتل فبعد ساعات أو أيام قليلة (حسب النوع) تنفق الأسماك ، حيث ان قدرة احتمالها للتدرج الحراري لم تتماثل ودرجة الحرارة المرتفعة . هذه التجربة وغيرها من التجارب المخبرية تعطي الباحث فكرة عن المحددات البيئية وخصوصا الحرارة لدى توزيع الأسماك وبالتالي قدرة انتشارها في البحار والمحيطات . ويجدر الإشارة هنا إلى أن عامل واحد فقط غير كافٍ للقول بأن هذا النوع من الأسماك مثلاً يتواجد بجانب الحيد الأسترالي لأن درجة حرارة الماء تتوافق وقدرة إحتمال النوع ، حيث أنه يجب الأخذ بعين الإعتبار عوامل أخرى محددة مثل الملوحة ، ويعتقد العلماء بأن الملوحة لها تأثير محدّد وتعتبر عاملاً مهماً جداً في توزيع وإنتشار الأسماك. ولعل من أهم الأمثلة على تداخل العوامل Interaction of factors وتأثيرها على توزيع الكائنات البحرية ما

ينطبق على أسماك القرش ، حيث تتميز هذه الكائنات البحرية بتدرج حراري عريض وقدرة إحتمال حرارية واسعة ولكن نجد ان نوعاً معينا (او اكثر) من هذه الاسماك يتميز بقدرة احتمالية ضيقة للملوحة ، وبالتالي نجد هذا النوع محصوراً في المناطق البحرية التي تتوافق وقدرة إحتماله للملوحة ، ونجده يسبح في المناطق المحاذية للحيد الأسترالي المشهور ، لا يستطيع تخطيه والعامل المحدد هنا هو الملوحة وليس الحرارة . أما بالنسبة للكائنات البحرية الأخرى فقد تؤثر عليها عوامل أخرى بجانب الحرارة مثل عامل الضوء والذي يُعتبر عاملاً اساسياً . ويعتبر الضوء من المعوقات البيئية والمحددة لإنتشار النوع ، فنرى أن هذا النوع متواجد في الأماكن التي تخترقها أشعة الشمس .

ويستطيع العلماء تحديد العوامل المحددة Limiting factors للأنواع عن طريق التجارب المخبرية والميدانية والتي بموجبها يُعرف فسيولوجية النوع وسلوكه . ولكن يُجمع العلماء أن ما يطبق في المختبر في كثير من الأحيان لا يطابق ما يحدث في الطبيعة حيث أن المتغيرات البيئية والعوامل المتداخلة كثيرة ومعقدة بحيث يصبح من الصعب تطبيقها في المختبر . وحديثاً يلجأ العلماء إلى التقانات الحديثة في إجراء التجارب ومراقبة الأنواع عن طريق الإستشعار Remote sensing وغيرها من الطرق الحديثة . وبناء على ما ذكر بما يتعلق بالحرارة المرغوبة وحتى يحصر العلماء كيفية تواجد وانتشار الكائنات الحية تقسّم المناطق الحيوية عادة إلى حزم Zones والتي تقسّم بدورها إلى تحت حُزم Subzones حيث تتميز كل حزمة مائية مثلاً بتدرج معين في درجة الحرارة وتدرج في نسبة الملوحة وتدرج آخر للغازات المذابة واختراق الضوء . وهكذا نجد أن للكائنات نمط متوازن في عملية التواجد في حزمة معينة ، حيث يجزم العلماء أن المقاييس البيئية التي تتألف منها هذه الحزمة تتوافق مع قدرة إحتمال الأنواع من الكائنات الحية المتواجدة في تلك الحزمة . عدا عن ذلك ، فإن توفر الغذاء والتنافس يعتبران من العوامل الحياتية التي لها تأثير في تحديد الحزمة اللازمة لحياة الكائنات الحية، فنرى أن هذه العوامل المختلفة متداخلة ومتشابكة ومعقدة إلى حد كبير ، ولكنها موجودة وهي التي تحدد تواجد النوع في بقعة ما .

ونرى على اليابسة الأنماط الحياتية المشهورة بالبيومات Biomes والتي يميل

العلماء إلى النظر إليها واعتبارها حزم حياتية لها صفاتها ومعاييرها البيئية الحياتية والفيزيائية المشتركة . ونرى كذلك أن كل نمط حياتي يستقطب من الكائنات الحية ما تتوافق قدرته الإحتمالية مع ما تقدمه الحزمة الحياتية (أو النمط الحياتي) من محصلة عوامل بيئية متعددة (درجة الحرارة ، الإرتفاع ، الرطوبة ، سرعة الرياح ، وغيرها) . وسوف نفرد فصلاً لاحقاً خاصاً للتحدث عن هذه الأنماط الحياتية .

وكما أسلفنا سابقاً فإن لبعض الأنواع تدرج واسع (عريض) لتحمل العوامل البيئية المختلفة ، فنرى الحيوانات البحرية تقطع الحزم الحياتية المرغوبة إلى مناطق أخرى للإفتراس مثلاً ، ولكن الإعتقاد السائد بأنه عند التزاوج ووضع البيض تعود هذه الكائنات إلى حزمتها الحياتية الأصلية . وتوجد فرضية أخرى تقول بأن الكائنات الحية تسعى أولاً لإيجاد المأوى المثالي لوضع البيض وحمايته حتى لو كانت بقية العوامل البيئية في تلك البقعة المحمية غير ملائمة تماماً ولا تقع ضمن التدرج المرغوب ، كل هذا من أجل السلامة العامة واستمرارية النوع .

ونجد هذه الحزم الحياتية بشكل واضح على الشواطيء وهي واضحة جداً على الشواطيء الرملية . وتحدد الحزم هنا بدرجة الحرارة ونسبة الملوحة أساساً . أما الشواطيء الصخرية فإضافة إلى درجة الحرارة والملوحة يضاف عامل وفرة المادة العضوية كعامل اساسي في تحديد الحزمة الحياتية . وتقسم الحزم الحياتية في المياه العذبة نسبةً للضوء ، الحرارة ، الغذاء ووجود الغازات الذائبة ... الخ .

وتعتبر الحرارة العامل الأساسي في نشاط وسلوكيات العديد من الحشرات ومن أهمها الجراد الصحراوي حيث بيّنت الأبحاث العلمية وفرق مراقبة سلوكيات الجراد أن للحرارة تأثير هام هنا ، حيث تبين أن عملية تجمّع الجراد على شكل أسراب وهجرة هذه الحشرات من مكان إلى آخر تحتاج إلى حافز أو مؤثر Stimulus ، والأرجح ، كما بينت هذه الأبحاث أن المؤثر الاساسي هو درجة الحرارة ومن ثم عامل توفر الغذاء المطلوب .

فعندما يضع الجراد البيض في التربة ، تقوم الأنثى عادة بغرسه على عمق ٥-١٠سم تقريباً وتصاحبه عملية إفراز مواد لزجة تساعد على ترطيب البيئة الداخلية

للتربة حفاظاً على البيض ، وبعد فترة يفقس البيض وتخرج الحوريات الإبتدائية Instar nymphs إلى الوسط المحيط ، وبعد ذلك تبدأ هذه الأفراد بالإنتشار على السطح والتواجد حسب وجود الغذاء والغطاء النباتي . في الصباح الباكر وعندما تكون درجة الحرارة متدنية (وتكون عادة قريبة من أدنى المنحنى للتدرج الحراري المثالي) تكون هذه الحشرات تقريباً بدون حركة ، ومع إرتفاع درجة الحرارة في النهار تزول إعاقتها الحركية ثم تبدأ بالحركة والقفز واكتساب الحرارة اللازمة تدريجياً عن طريق التشمس Sun Bathing ، وعندما تصبح درجة الحرارة ما بين ٢٠-٢٥ْم تبدأ حركتها تأخذ طابع النشاط والقفز المتواصل ومحاولة الطيران وتبدأ الأفراد بالتلامس مع بعضها وذلك لإحياء ظاهرة التجمّع Crowding . وعند ارتفاع درجة الحرارة أكثر ولتصبح قريبة من الحد الأعلى الحراري تلجأ هذه الحشرات إلى النباتات أو إلى أي أماكن أخرى توفر لها حيزاً لتقيها من اشعة الشمس . أما عملية التجمع الفعلية والطيران الجماعي فتبدأ في مرحلة عمرية لاحقة . وهكذا يعتقد العلماء أن لهذه الظاهرة خلفية سلوكية وفسيولوجية هامة تحدث كرد فعل لدرجة حرارة الوسط المحيط . عدا عن أهمية التلامس البصري والميكانيكي الذي يحصل بين الأفراد ، والذي يكون (بإعتقاد العديد من العلماء) حافزاً آخر لعملية التجمع ، أي انه الحافز السلوكي الذي يحوّل هذه الكائنات الحية من أفراد مُبعثرة إلى جماعات وأسراب . هذه الدراسات المطوّلة والهادفة تصب في عملية مراقبة تحرك الجراد والتي تشترك فيه المنظمة العالمية للغذاء والزراعة FAO بسبب التأثير السلبي لأسراب الجراد على المزروعات والأمن الغذائي العالمي .

ويلاحظ العلماء أيضاً تأثير الحرارة على سلوك العديد من الزواحف ، وهي من ذوات الدم البارد والتي تتنقل ما بين الأماكن المحمية من أشعة الشمس المباشرة عند ارتفاع درجة الحرارة ، بينما تتحرك باتجاه الأماكن المكشوفة عند تدني حرارة جسمها. ويلاحظ الباحثون أهمية التشمس لدى هذه الزواحف ، فيلاحظ أنه في الصباح الباكر تتوزع الزواحف على الصخور أو على الأماكن المكشوفة معرضة جسمها لأشعة الشمس في أوضاع وزوايا معينة حتى تصل الشمس إلى جميع أجزاء جسمها. وعندما ترتفع درجة حرارة المحيط إلى الحرارة المرغوبة وبالتالي درجة حرارة

جسمها تبدأ الزواحف بالإنتشار والنشاط ، ولكن عندما تصبح الحرارة المحيطة مرتفعة أي أعلى من قدرة إحتمالها الحراري تختبيء هذه الكائنات الحية في ظل الشجيرات أو في جحورها خوفاً من تبخر وفقدان الماء من جسمها ، وبالتالي إرتفاع درجة حرارتها إلى الحد القاتل . وتلجأ القوارض كمثال آخر لتجنب دزجة الحرارة المرتفعة بالإختباء داخل جحورها والتقليل من الحركة كرد فعل سلوكي Behavioral response لدرجة الحرارة المرتفعة . وتوصف بعض الحيوانات بأنها ليلية النشاط Noctornal activity animals أو نهارية النشاط Diurnal activity animals نسبة للتدرج الحراري المرغوب والذي تستطيع ضمنه الكائنات الحية أن تمارس وظائفها الحياتية والبيئية بما في ذلك ما يتعلق بجمع الغذاء المطلوب أو ممارسة سلوك التزاوج .

وتؤثر الحرارة أيضاً على سرعة التوزيع وانتشار الكائنات الحية Rate of dispersal ، كما بينت العديد من الأبحاث والملاحظات الميدانية . وإشارة إلى المثال السابق عن الجراد الصحراوي فقد تبين أنه خلال عملية الهجرة والإنتشار ، إذا حدث وأن تدنت درجة الحرارة عن ٢٣°م فقد لوحظ ان نشاط هذه الكائنات الحية وسرعة انتشارها قد تدنت ، بل انها توقفت كلياً في بعض الانواع . وقد لوحظت هذه الظاهرة ايضاً في الاسماك وانواع متعددة من الحشرات .

وتشير البيانات والمعلومات العلمية أن للحرارة تأثير واضح في سرعة النمو Speed of development وكذلك يوجد تأثير خاص للحرارة الثابتة وتأثير مغاير للحرارة المتأرجحة . وبينت الأبحاث أن للحرارة المتأرجحة (المتذبذبة) Fluctuating temperature تأثير قوي على سرعة نمو الكائنات الحية المختلفة ، حيث يولي العلماء والباحثون أهمية كبرى للحرارة المتأرجحة وتأثيرها على مراحل نمو الكائنات الحية. ومن الصعب جداً تحديد أقصى حد لتذبذبات الحرارة اللازمة لنمو الكائنات الحية حيث أنه وفي كل مرحلة من مراحل النمو تحتاج إلى مدى حراري يمكن أن يختلف حدّاه (الأقصى والأدنى) عن المرحلة التالية ، كما يحدث في الحشرات مثلاً . ويرى العلماء بأن التعرض لأقصى التدرج الحراري – ولو لفترة قصيرة – يسارع من عملية النمو في بعض الأحيان عدا عن ان الكائنات الحية من الحشرات مثلاً تدخل مرحلة الخمول (الرقود) diapause إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط غير ملائمة لتفادي

العواقب المترتبة على ذلك .

وحول هذه النقطة توجد لدى الباحثين والعلماء آراء مختلفة عن التعرض للحرارة المتأرجحة فيوجد توجه يدعم الفكرة القائلة أن الفترة الزمنية duration of exposure هي الحاسمة للكائنات الحية ونموها وليست درجة الحرارة الحرجة Critical temperature نفسها ، وأنه بزوال المؤثر تعود هذه الكائنات الحية إلى مزاولة نشاطها ونموها الطبيعي . وفي رأي آخر لمجموعة أخرى من العلماء ، بأنه عند التعرض لحرارة خارج النطاق الطبيعي (خارج قدرة الإحتمال الحراري) ولو لفترة قصيرة محسوبة من الزمن فان تأثير هذا التعرض سيكون سلبياً حيث لوحظ أن نمو هذه الكائنات الحشرية كان أبطأ من غيرها من الأفراد ممن لم تتعرض لهذه المتغيرات الحرارية الحرجة .

ويجدر الإشارة هنا أن معظم هذه الأبحاث كانت تدور حول عينات من رتبة الحشرات ويصعب التعميم هنا على باقي مجموعات ورتب المملكة الحيوانية المختلفة .

ولعل من الأمثلة المتداولة على قدرة إحتمال تأرجحات درجة الحرارة وتباينها ما يتعلق بالمها العربي *Oryx leucoryx* والذي يتميز بفسيولوجية متطورة وجهاز عصبي وهرموني يُمكنّه من إحتمال درجة الحرارة العالية مما يُمكنّه التواجد ولساعات طويلة تحت أشعة الشمس الصحراوية المباشرة .

ولعل عملية التعرض للحرارة المتدنية (الحرجة أو القاتلة) هي من الأسباب التي تؤدي إلى موت الكائنات الحية المختلفة إلا أنه توجد الأبحاث العديدة التي تشير إلى مقدرة بعض الحشرات على تحمل درجات حرارة متدنية قد تصل إلى ٢٧٠ْم تحت الصفر . ويشار إلى درجة الحرارة ومقدارها الذي يفتك بالكائنات الحية بالجرعة القاتلة Lethal Dose (LD) وهي تختلف بإختلاف الأنواع .

وتمتاز النباتات بألية خاصة لتحمل تأرجح درجة الحرارة تتمثل في وجود الطبقة العازلة Cuticle والتي تقلل من التبخر وتحمي الأنسجة الداخلية من التلف وفقدان الماء، وتتمثل أيضاً في الآلية المتميزة في إغلاق الثغور Stomata لمنع تبخر المياه والمقدرة على زيادة سرعة إمتصاص المياه من التربة للتعويض عن الماء المفقود وغيرها من التكيفات الفسيولوجية والبيوكيميائية . عدا عن التكيفات الشكلية في شكل الأوراق

وموضع الأوراق على الساق Leaf position والشكل الدائري الذي تمتاز به معظم النباتات الصحراوية لضمان الظل وزيادة فعّالية المعامل السطحي للورقةLeaf Area Index وغيرها من التكيفات الفسيولوجية والظاهرية .

أما بالنسبة لطبقة الأعشاب Herbaceous Layer أو ما يسمى بـ أرض الغابة Forest floor فتتميز هذه النباتات بكونها حساسة جداً لتأرجح درجة الحرارة والتعرض لأشعة الشمس المباشرة . حيث تقسم النباتات إلى نباتات تتحمل الظل Shade tolerant ونباتات لا تتحمل الظل Shade intolerant تبعاً لصفات وراثية وفسيولوجية معينة لكل منهما . فنرى أنه في حال قطع الغابات تتأثر هذه النباتات التي تنمو في بيئتها الطبيعية تحت الأشجار بشكل كبير بسبب تعرضها لأشعة الشمس المباشرة ، وإذا كانت من النوع المحب للظل فإنها سرعان ما تجف وتموت . لذا يناشد علماء البيئة عدم المساس بالغطاء النباتي الغابي لما له من أثر سلبي لا على إنجراف التربة فحسب ، وإنما على امكانية فقدان العديد من الأنواع المصاحبة لهذه الغابات والتي لن تستطيع العيش تحت أشعة الشمس المباشرة .

وخلاصة القول ان الحرارة تعتبر من العوامل الرئيسية المحددة لحياة ونمو ونشاط وتوزيع الكائنات الحية ولعل هذا العامل قد أخذ الحيز الأكبر من البحوث العلمية نظراً للإجماع العام بأنه من العوامل المحددة والتي تتفاعل بشكل واضح مع باقي العوامل الحياتية وغير الحياتية . فعند دراسة العوامل البيئية وتأثيرها على إنتشار الكائنات الحية ، تحدد العوامل ومن ثم توضع بشكل يبين أهميتها Priority factor ومدى تفاعلها وتشابكها مع العوامل الأخرى ، ولهذا السبب وكما ورد في هذه الفقرة تحتل الحرارة المرتبة الأساسية في تأثيرها على الكائنات الحية النباتية والحيوانية .

٥:٢:٢ الضوء Light

يُعد الضوء من العوامل البيئية الهامة إذ أنه مصدر الطاقة لجميع الكائنات الحية وهو عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تصل سطح الأرض من الشمس . ويحوي الإشعاع الشمسي على الضوء المرئي (بالنسبة للإنسان) الذي يتكون من موجات

أطولها موجات الضوء الحمراء ٦٠٠–٧٨٠ نانوميتر وأقصرها البنفسجية ٣٩٠ نانوميتر . كما يحتوي هذا الإشعاع على جزء غير مرئي تكون أطوال موجاته أقصر من البنفسجي كالأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet أو أطول من الأحمر كالأشعة تحت الحمراء Infrared. ولا يصل الأرض إلا جزء قليل من الأشعة فوق البنفسجية وذلك بسبب إمتصاصها بواسطة طبقة الأوزون التي تحيط بالغلاف الجوي .

إن ما يصل الأرض هو نحو ٣ر٠٪ من مجموع الطاقة الشمسية فقط ، حيث يمتص منه حوالي ٠٤ر٠٪ بواسطة النباتات لتستهلك في عملية التركيب الضوئي . إلا أن هذا الجزء البسيط من الطاقة يقوم بتصنيع جميع المركبات العضوية والغذاء في البحر وعلى اليابسة . وتتأثر الكائنات الحية بالضوء تبعاً لنوعية الضوء (طول الموجه) Light quality وشدة الإستضاءة Light intensity وطول الفترة الضوئية Photoperiod.

ويقصد بنوعية الضوء أطوال موجاته التي تصل الكائن الحي ، ويعتبر هذا العامل فاقد لأهميته في النظم البيئية الموجودة على اليابسة حيث أن الضوء الذي يصل الأرض له تقريباً نفس أطوال الموجات . وفي البحار يؤدي إختراق الضوء للمياه إلى ترشيح الضوء الأحمر والأزرق في الطبقات العُليا فيبقى الضوء الأخضر الذي يمتص من قبل صبغات الكلوروفيل ، لذا يكون الضوء الباقي غير كافي لإتمام عملية التركيب الضوئي خصوصاً للطحالب الخضراء . وبالنسبة للطحالب للحمراء ، تحتوي خلاياها على صبغة إضافية تعرف بالصبغة الطحلبية الحمراء Phycoerthrins التي تستخدم ما تبقى من الضوء المرشح أثناء إختراقه للمياه لتصنع مركبات الطاقة لذا نجد أن الضوء يحدد توزيع الطحالب الخضراء بأن يبقيها طافية أو قريبة من سطح البحر الذي يخترقه الضوء، أما الطحالب الحمراء فيمكنها أن تعيش في أعماق معينة . وينطبق على عامل الضوء ما ذكر سابقاً في عامل الحرارة من ناحية أهمية الضوء للحياة على سطح الأرض وتأثير الضوء على فسيولوجية وسلوكيات الكائنات الحية الحيوانية وإعتماد النباتات والطحالب على الضوء للحياة .

ولكن يجب الإشارة هنا وبالإختلاف عن عامل الحرارة أنه ليس للضوء تدرج قاتل ولكن يوجد التدرج الحرج لبعض الكائنات الحية كما ستظهر الأمثلة لاحقاً .

ويجمع العلماء بأن العديد من الكائنات الحية تستطيع أن تنمو في الظلام الحالك أو حتى في الضوء المستمر .

ومن المعلوم ان الضوء يعتبر عاملاً مؤثراً وحافزاً للعديد من العمليات الحيوية المتعلقة بدورات الحياة ، يؤثر على سلوكيات الكائنات الحية ، ويتحكم في ضبط هذه العمليات الحيوية ضمن الفصول السنوية المختلفة . ومن الأمثلة التي تبين إختلاف تأثير الضوء على حياة وسلوك الكائنات الحية أن يرقات بعض الحشرات Caterpillars تتحرك بإتجاه المنطقة المضاءة . فنراها على قمم أو نهايات فروع الأغصان (عدا عن حاجتها إلى التغذي على الأوراق اليانعة الموجودة هناك) تتحرك بحرية كاملة من وإلى المناطق الأقل تعرضاً للضوء . ولكنها حتماً سوف تبعد عن حدّي التدرج الضوئي وتبقى في منطقة التدرج المرغوب . ولذا يعتقد العلماء وبناءاً على مشاهدات عديدة أنه لا توجد حدّة في تأثير الضوء على الكائنات الحية ، وان زيادة الإضاءة أو نقصها لن يؤثر على حياة العديد من هذه الحشرات . إلا أنه يجمع العلماء بأن فترة فصل التزاوج – مع انه محدد بعوامل كثيرة – يتحكم فيه أساساً الغدة النخامية التي تتأثر بدورها بحافز بيئي خارجي مثل الضوء .

ومثالاً على ذلك عندما شُحن عدد من الماشية من بريطانيا إلى أستراليا تبين أنها تزاوجت مرتين خلال عام واحد . لاحظ العلماء أنه وبعد فصلي تزاوج تأقلمت الماشية على النمط البيئي السائد في القسم الجنوبي من الكرة الأرضية وأصبح فصل التزاوج عندها هو فصل واحد فقط في الخريف . وهنا يظهر تأثر النمط السلوكي المنتظم والذي يختلف من كائن حي لآخر إعتماداً على نوعية البيئة إلا أنه بإستمرار العوامل البيئية ينتظم هذا السلوك على مدى السنين لدرجة أنه يمكن القول بأنه سلوك متوارث . ويلاحظ العلماء أن عامل الضوء هو من أكثر العوامل تأثيراً على هذا النظام البيولوجي ، وخصوصاً عامل طول الفترة الضوئية التي يتعرض لها الحيوان .

وفي تجارب أخرى أجريت على الثدييات لإثبات علاقة التزاوج بالضوء تبين أن فأر الحقل *Microtus* تزاوج بطريقة طبيعية عند تعرضه للضوء لمدة ١٥ ساعة في اليوم ولكن توقف التزاوج عندما قُلصت فترة تعرضه للضوء لتصبح ٩ ساعات في اليوم .

وفي تجربة أخرى على نوع آخر من القوارض فقد تمكن الباحثون من زيادة الخصوبة لدى هذا القارض بزيادة عدد ساعات الضوء المتعرض لها . وتأكيداً لذلك وفي تجارب أخرى منفصلة على أنواع من الطيور ، تمكن العلماء من زيادة حجم الخصية للطيور المخبرية بتعريض هذه الحيوانات لفترات أطول من الضوء وبذلك يعتقد العلماء أن بلوغ الأعضاء التناسلية Maturation لدى هذه الطيور يعتمد على فترة الضوء أو ما يعرف بطول الفترة الضوئية Photoperiod . وحصل العلماء على نفس هذه النتائج لدى الزواحف وأنواع من القنافذ والأسماك .

أما بالنسبة للمناطق الإستوائية فيعتقد العلماء أنه ونسبة لقلة المتغيرات في عدد ساعات الضوء التي تتعرض لها الكائنات الحية فإنه يوجد مكوّنات أخرى في البيئة لها علاقة بالتزاوج والخصوبة ، وهذه العوامل قيد الدراسة والبحث . ويعتقد أن للأمطار علاقة معينة بفسيولوجية الكائنات الحية كما يحدث في المناطق الجافة ، حيث تبين أن فترة التزاوج عند الضفادع والبرمائيات (في أستراليا) تبدأ بعد موسم الأمطار . وهنا يبرز السؤال لأهم : هل الضوء هو العامل الأساسي والوحيد لإتمام عملية التزاوج ؟ يعتقد العلماء بأنه من العوامل الرئيسية لاشك ولكنه (أي عامل الضوء) يتداخل مع عوامل أخرى مناخية لها تأثيرها بشكل أو بآخر .

ويؤثر الضوء بشكل كبير على حالة السكون (الرقود) Diapause لدى الحشرات ، كما يتأثر سلوك اللافقاريات بشدة الضوء وأفضل مثال على ذلك الهجرة العمودية للهوائم الحيوانية Zooplanktons في البحار والبحيرات ، حيث تتحرك هذه الحيوانات نهاراً إلى الأسفل هرباً من الضوء وتتجه للسطح خلال الليل . إن التفسير البيئي لهذه العملية غير واضح حتى الآن ، حيث أنه من الأجدر بهذه الحيوانات أن تلازم الهوائم النباتية Phytoplanktons التي تتغذى عليها ولكن يبدو أن سطح البحر وخلال النهار يعتبر بيئة غير مناسبة وأن شدة الضوء غير مرغوبٍ فيها لدى هذه الكائنات.

ومما ذكر نستطيع القول أن للضوء أهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية ويعتبر الضوء من العوامل المحددة الهامة للكائنات الحية . واضافة إلى ما ذكر من دراسات

نورد ما يلي حول تأثير الفترة الضوئية على الكائنات الحية ، حيث تتحكم في :

١ – عملية الإزهار في النباتات وإنهاء فترة السكون في بذور بعض النباتات ، والتحكم في بعض العمليات الحيوية كعملية الإنتحاء الضوئي وعملية فتح الثغور وإغلاقها .

٢ – هجرة الطيور والحشرات والأسماك من بيئة إلى أخرى بهدف التكاثر .

٣ – السلوك اليومي للحيوانات ، فهناك من الحيوانات ما يستخدم أجزاء مختلفة من الدورة اليومية للبحث عن الغذاء كالخفاش الذي ينشط أثناء ساعات الليل والجرذ السمين *Psammomys obesus* الذي ينشط أثناء فترة النهار ، وبعض الحيوانات يكون حساساً لضوء القمر في الليل .

٤ – كما أن لضوء القمر إرتباطاً وثيقاً بالدورات التناسلية في بعض الكائنات الحية كبعض الأسماك وبعض الحيوانات البحرية الأخرى وخاصة اللافقاريات . ومن الأمثلة على ذلك دورة التناسل للديـدان البحريـة *Leodica fucata* حيث تبين أنها تصل فترة البلوغ عندما يكون القمر في الربع قبل الأخير Third quarter حيث تبدأ بالتجمع في أسراب وتسبح إلى سطح البحر وهنا تقذف بالحيوانات المنوية والبيوض في آن واحد ليتم الإخصاب وتكوين اليرقات . لذا تعتبر هنا شدة الإستضاءة Illumi-nance للقمر هي العامل المحدد في تكاثر مثل هذه الحيوانات .

وتتحكم الفترة الضوئية بالعديد من الدورات التناسلية في الثدييات والطيور عن طريق التحكم في الإنتاج الهرموني لديها (الهرمونات الجنسية) ، فيرتبط عادة التكاثر بالظروف البيئية المُثلى لإبقاء الصغار أحياء . لذا يُعتقد أن هجرة الطيور والثدييات والحشرات تعتمد على الفترة الضوئية بشكل أساسي ، وقد أمكن ربط الحالة العامة للجلد والريش بالتغيرات في الفترة الضوئية . وقد ثبت أن طول فترة الظلام وليس النهار هي المحددة لإنتاج هرمونات معينة مسؤولة عن عملية الإزهار في النبـات ، ويُعتقد أن لفترات الظلام تأثيراً أكثر وضوحاً على الإنتاج الهرموني حتى في الحيوانـات .

ونتيجة لتعرض الكائنات الحية للإشعاع فوق البنفسجي الزائد فقد يتوقف الإنقسام الخلوي في الكائنات الحية أو يُعاق ، وتحدث طفرات (غير عكسية) في الأحماض النووية تودي إلى الإيذاء أو الموت . ويكون التأثير مهلكاً للبكتيريا والطحالب والطلائعيات وبيوض الفقاريات واللافقاريات المختلفة حين تعرضها لإشعاع فوق بنفسجي ذي الأطوال الموجية الأقصر من ٣١٠٠ أنجستروم . وعادةً لا يخترق الإشعاع فوق البنفسجي الزائد الأنسجة العميقة في النباتات والحيوانات الراقية ، وإنما يقتصر الضوء على طبقات الخلايا السطحية . وقد لوحظ أن التأثير الأولي للاشعاع يكون على الحامض النووي الرايبوزي اللاأكسجيني (DNA) بينما توقف الجرعات الأكثر تركيزاً من الإشعاع بناء الحامض النووي الرايبوزي (RNA) .

٥:٢:٣ الماء Water

يُكوّن الماء نسبة ٦٠–٨٠٪ من أجسام الكائنات الحية ، ويرتبط وجود الكائنات الحية ووفرتها في أي منطقة بيئية بوفرة الماء ونسبة محتوياته من المواد العضوية واللاعضوية وكذلك درجة حموضته وملوحته . وتتكيف الكائنات الحية تبعاً لتوفر الماء فنجد أن أنواع الكائنات الحية وتكيفاتها في الصحراء تختلف عن تلك الموجودة في بيئة مائية أو متوسطة الجفاف أو متجمدة ، ويرتبط بالماء عاملين مهمين هما الهطول والرطوبة .

أ – الهطول Precipitation

تُعد كمية الماء الساقطة على أي بقعة بغض النظر عن هيئتها الفيزيائية (أي سواء كانت بصورة سائل أو بخار أو متجمد) تهطالاً . ويتوقف نوع الهطول على الموسم والعوامل الحيوية كالرياح وضغط الهواء ودرجة الحرارة . ويُعد سقوط الأمطار أكثر أنواع الهطول شيوعاً في المناطق المعتدلة والإستوائية . وتُعد الكيفية التي يسقط بها المطر ذات أهمية كبرى من الناحية البيئية لأنها تتباين من مجرد رذاذ خفيف إلى سيول جارفة تؤدي إلى تعرية التربة .

ولما كانت الحيوانات تعتمد على الغطاء النباتي Vegetation cover للحصول على الطعام والملجأ ، ولما كان الغطاء النباتي يعتمد إعتماداً مباشراً على كمية الهطول وتوزيعه في المناطق الأرضية ، فإن جميع مكونات الحياة في الهرم البيئي تعتمد على

الهطول إما بصورة مباشرة أو غير مباشرة . وفي حالة نقصان الماء أو عدم توفره في التربة يحصل ما يسمى بالجفاف Drought وذلك لأن الغطاء النباتي سيجف تبعاً لعدم وجود الماء في التربة . وقد يحصل ما يسمى بالجفاف الفسيولوجي وذلك عند توفر الماء في التربة مع عدم قدرة الشعيرات الجذرية على إمتصاصه منها ، وذلك إما لإرتفاع نسبة الملوحة في التربة (وهذا يؤدي إلى سحب الماء من النبات إلى التربة تبعاً للخاصية الأسموزية) أو وجود الماء على شكل جليد وخصوصاً في المناطق القطبية . ويمكن لنا تقسيم المجتمعات الحيوية في الكرة الحية إعتماداً على نسبة سقوط الأمطار كالتالي (جدول ٥-١) :

جدول (٥-١) تصنيف المناطق الحيوية إعتماداً على معدل كمية الأمطار

المنطقة	معدل كمية الأمطار
المناطق الصحراوية	من صفر إلى ٢٥سم
مراعي الحشائش الصغيرة	من ٢٥ إلى ٥٠سم
مراعي الحشائش الطويلة والسافانا	من ٥٠ إلى ٧٥سم
الغابات الجافة	من ٧٥ إلى ١٢٥سم
الغابات الرطبة مثل غابات المناطق المعتدلة والإستوائية	أكثر من ١٢٥ سم

ب - الرطوبة Humidity

تسبب الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي تبخر ملايين الأطنان من بخار الماء إلي الجو يومياً من مجمعات المياه المفتوحة (البحيرات والأنهار والمستنقعات) ومن الأرض الرطبة وكذلك من أسطح أوراق النباتات عن طريق عملية النتح Transpira-tion ، وربما نبهر عندما نسمع أن الشجرة الصغيرة تفقد ما مقداره (٢٠٠) جالون من الماء من اسطحها الورقية خلال موسم نموّها . ومع ارتفاع الهـواء الرطـب فانه يبرد في طبقات الجو العُليا مما يسبب بعض الهطول عند الوصول إلى نقطة التشبع

(١٠٠٪ رطوبة نسبية) ، اما وجود بخار الماء في الهواء بشكل غير مرئي فيسمى بالرطوبة ، وهي الكمية النسبية من بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء .

ويُطلق مصطلح الرطوبة المطلقة Absolute humidity على كمية بخار الماء الموجودة في الهواء ممثلة بعدد الغرامات لكل متر مكعب . ويشيع إستعمال مصطلح الرطوبة النسبية Relative humidity الذي يدل على النسبة المئوية من البخار الموجودة في الهواء تحت الظروف نفسها . وهكذا فإن الهواء الذي تكون رطوبته النسبية ٧٥٪ عند درجة حرارة ٢٠° مئوية يحتوي على نداوة أقل من هواء ذي رطوبة نسبية مقدارها ٧٥٪ عند درجة حرارة ٢٥° مئوية . فإذا سخن الهواء تنخفض رطوبته النسبية نظراً لأن الهواء (عندما يسخن) يستطيع أن يحتفظ بنسبة مئوية أكبر (كتلة من النداوة لكل وحدة حجم) ولكن إذا إنخفضت درجة الحرارة فإن الرطوبة النسبية ترتفع .

ويطلق إسم الندى على بخار الماء الذي يصل نقطة التشبع (١٠٠٪ رطوبة نسبية) نتيجة ملامسته سطح صلب بارد حيث يتكثف ويتحول إلى قطرات ماء ، ومن أمثلة ذلك ما نراه على أوراق الحشائش أو أسطح السيارات بعد الغسق ، حيث تبرد هذه الأسطح بسرعة بعد غروب الشمس مما يجعل بخار الماء يتكثف على شكل ندى.
وتؤثر الرطوبة في الكائنات الحية على :

١ – معدل حدوث عملية النتح في النباتات ، إذ يقل حدوث هذه العملية بزيادة رطوبة الهواء .

٢ – توزيع الكائنات الحية حسب البيئات المختلفة ، فالسرخسيات تتواجد في مناطق ذات رطوبة عالية ، والزواحف تكثر في الصحراء .

٣ – زيادة نمو بعض الكائنات الحية التي تستطيع إمتصاص الرطوبة كما في الفطريات والأشنات والحزازيات .

إن زيادة درجة الحرارة والتي ترفع من قدرة الهواء على الإحتفاظ بالرطوبة تزيد أيضاً من معدل التبخر . كما أن زيادة حركة الرياح فوق سطح رطب تؤدي إلى زيادة في معدل التبخر نظراً لأن الهواء الرطب يزاح بعيداً ليحل محله هواء أكثر جفافاً يستطيع الإحتفاظ بالماء . ويتحكم في معدل التبخر في أجسام الكائنات الحية عدد من

التكيفات التركيبية Structural adptations ، فقد تستطيع النباتات أن تُخفض من معدل تبخرها (النتح) عن طريق تكوين قلف سميك على سيقانها ؛ والتقليل من عدد الأوراق وحجمها ؛ والتقليل من عدد الثغور على أسطح الأوراق ؛ وكذلك زيادة طول وتفرعات الجذور لإمتصاص الماء من التربة العميقة . وتُعد هذه التكيفات التركيبية حيوية بصورة خاصة في البيئات الصحراوية حيث يندر وجود الماء ، لذا يجب الإحتفاظ بالماء بين فترات الهطول النادرة وغير المنتظمة من اجل استمرارية الحياة. ومعظم النباتات الصحراوية عادة ما تكون فصلية أي تنمو في فصل الربيع الذي يلي سقوط الأمطار فتكمل دورة حياتها ثم تموت في فصل الجفاف .

وعلى الرغم من كون توازن الماء مهم بالنسبة لجميع الكائنات الحية إلا أن الحيوانات التي تقطن المناطق الصحراوية تتأثر بصورة أعنف بتوازن الماء من الحيوانات البرية في الأنماط البيئية الاخرى .

يفقد الجسم الماء عن طريق غدد العرق في الجلد وعن طريق الفضلات والبول وكما يفقد بخار الماء في الهواء عن طريق الزفير . ولابد من تعويض هذه الخسارة بإكتساب الماء من خلال شرب الماء ، وأكل الطعام الذي يحتوي على الماء ، وعن طريق تكوين الماء الأيضي Metabolic water في داخل الخلايا الحية . وقد تمكنت حيوانات الصحاري بتكيفات فسيولوجية مختلفة أن تعيش في مناطق يعد فيها التحكم الفعال في الماء المفقود ضرورياً لإستمرار الحياة ، ونذكر من هذه التكيفات ما يلي :

١ – تعتمد الكثير من حيوانات الصحاري في غذائها على النباتات والحيوانات التي تخزن في أنسجتها كمية كبيرة من الماء .

٢ – هناك العديد من الحيوانات التي تعتمد في غذائها على الطعام الجاف ولكنها تمتلك من الماء في أنسجتها مثلما تمتلكه أنواع الحيوانات غير الصحراوية وذلك لقدرتها على إنتاج الماء الأيضي عن طريق عملية التأكسد :

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

حيث إن احتراق ١ غم دهن يعطي ١ر١ غم من الماء ، في حين ١ غم

كربوهيدرات يعطي ٠٫٦ غم من الماء و ١ غم من البروتين يعطي ٠٫٤ غم من الماء فقط . وتُعد عملية التأكسد هذه مُجهدة للكائنات الحية حيث تحتاج إلى أكسجين عن طريق عملية التنفس وهذا بحد ذاته يؤدي إلى ضياع بخار الماء في حين يُستهلك مخزون الجسم من المواد الغذائية .

٣ – تقوم حيوانات الصحاري بإنتاج بول مركز يحتوي على تراكيز أعلى من الأملاح واليوريا مقارنة بالحيوانات غير الصحراوية وذلك لتوفير الماء في أجسامها ولتوضيح ذلك نورد المثال التالي :

يكون بول الإنسان ذا محتوى ملحي مقداره ٢٫٢٪ وتركيز يوريا مقداره ٦٪ بينما يكون بول فأر الكنغارو Kangarro rat ذا محتوى ملحي مقداره ٧٪ وتركيز يوريا مقداره ٢٣٪ . وهناك حيوانات أخرى كالطيور والزواحف والحشرات وبعض الحيوانات التي تحتفظ بالماء عن طريق إنتاج كميات كبيرة من حامض البوليك Uric acid غير القابل للذوبان في الماء وبالتالي يُعاد إمتصاص الماء عند تبلور حامض البوليك .

٤ – تمتلك بعض حيوانات الصحاري غطاءاً خارجياً (على هيئة حراشف في الزواحف وهيكل خارجي يحيط بالجسم في الحشرات) يعيق مرور الرطوبة من الأنسجة الداخلية للخارج .

٥ – إن الطراز السلوكي للكائنات الحية وخصوصاً الثدييات له اهميته الكبرى هنا فنجد أن نشاطها يقتصر على فترات الظلام حيث ينخفض معدل التبخر في الجو المحيط ، وفي النهار تختفي هذه الحيوانات في الجحور والكهوف (حيث تكون الرطوبة عالية ودرجات الحرارة أقل نسبياً من الخارج) وبالتالي تقلل من فقدان الماء من أجسامها .

٥:٢:٤ الرياح Winds

تُحدث الرياح في المناطق المائية ما يسمى بالتيارات المائية التي تؤدي إلى التأثير

على نسبة الغازات والمواد الغذائية المذابة في الماء . بل وتعتبر هذه التيارات عاملاً محدداً في توزيع الكائنات المائية ، فنلاحظ مثلاً أن المجتمع الحيوي لبركة ماء يختلف إختلافاً واضحاً عن المجتمع الحيوي لنهر حيث التيارات المائية السريعة ، وهنا تكون الكائنات الحية قد تكيفت وسرعة الجريان وأصبحت قادرة على العيش في هذه البيئة النهرية . وكما تؤثر الرياح في مناطق اليابسة على الكائنات الحية في النواحي التالية :

١ – النشاط الحيوي ، فمثلاً لا تستطيع الطيور الطيران في الأيام التي تكون فيها الرياح شديدة ، بل تختبيء في مناطق محمية لحين توقف الرياح .

٢ – نمو النباتات ، لقد وجد الباحثون أن الرياح توقف نمو الأشجار الموجودة في المناطق الجبلية المفتوحة ولاحظوا ايضاً إزدياداً في نمو هذه الاشجار عند بناء حواجز واقية للرياح.

٣ – تؤدي العواصف إلى تشويه وتحطيم النبات .

٤ – المساعدة في عملية إنتقال حبوب اللقاح مما يؤثر في عملية الإخصاب والتلقيح في النباتات وبالتالي إنتشارها وإزدياد توزيعها .

٥ – يزداد حدوث عملية النتح في النباتات والتبخر في الحيوانات كلما إزدادت سرعة الرياح.

٦ – تنقل الرياح بذور وبيوض ويرقات الكائنات الحية مما يساهم في إنتشارها . ونحن لا نستبعد أن يتغير التركيب النوعي لغابة مثلاً خلال سنوات عديدة كنتيجة لتأثير الرياح.

٧ – التأثير في إنتقال وتوزيع وهجرة الحشرات والكائنات الدقيقة حيث وجد العلماء تشابهاً كبيراً في بيئة حشرات جنوب اميركا (وخصوصاً البرازيل) وجزيرة كوبا . ويفسر العلماء ذلك انه نتيجة للاعاصير التي تمر بالبرازيل وتنتهي بكوبا تحمل معها الكائنات الحية المختلفة وتلقيها في بيئة جديدة . فاذا كانت هذه البيئة مناسبة ازدهرت هذه الكائنات الحية واصبحت شائعة .

٥:٢:٥ الغازات الجوية Atmospheric gases

تؤثر الغازات المتواجدة في البيئة المحيطة على الكائنات الحية المختلفة من حيث وفرتها وكثافتها في أوساطها المختلفة على اليابسة والماء . ومن اهم هذه الغازات :

أ – الأكسجين

وهو ضروري لتنفس جميع أنواع الكائنات الحية ويوجد في الهواء بنسبة ٩ر٢٠٪ وتقوم النباتات الخضراء والطحالب بتوفير الأكسجين في الهواء . ويعد نقص الأكسجين في الماء عاملاً هاماً في التأثير على عملية التنفس الهوائي مما قد ينتج عن ذلك :

١ – هجرة الأحياء المائية إلى الطبقة السطحية حيث توفر الأكسجين .

٢ – إختناق وموت الأحياء المائية في الطبقات العميقة لنقص الأكسجين .

٣ – إنتشار الأمراض البكتيرية والطفيلية في الأسماك كنتيجة لموت الأحياء .

ويحدث إستنزاف الأكسجين من الماء بفعل عوامل عديدة منها تكوّن الجليد على سطح الماء أو أكسدة وتحلل المركبات العضوية بفعل الكائنات الدقيقة عند مصبات المجاري .

ب – ثاني أكسيد الكربون

وتبلغ نسبته في الهواء ٢٣ر٠٪ وتزداد هذه النسبة في المناطق الصناعية وتقل في المناطق الحرجية ، ويؤثر في الكائنات الحية بالشكل التالي :

– بأنه ضروري لعملية التركيب الضوئي في النباتات والطحالب وبالتالي يؤثر على معدل هذه العملية .

– بأن وجود ثاني أكسيد الكربون في الماء يؤدي إلى تفاعلهما وتكوين حامض الكربونيك H_2CO_3 والذي يتفاعل بدوره مع الحجارة الجيرية ليكوّن الكربونات والبايكربونات ($CO_3^{-2} + HCO_3^-$) وتعمل هذه المواد كمحلول منظم لدرجة الحموضة في الماء .

- بأنه يدخل في تركيب كربونات الكالسيوم التي تدخل في تركيب أصداف الحيوانات البحرية .

٦:٢:٥ التربة Soil

تعتبر التربة عاملاً مهماً في توزيع الكائنات الحية وخصوصاً النباتات التي تعتمد إعتماداً كلياً على التربة ، وتعود أهمية التربة للكائنات الحية للأسباب التالية :

١ - تقوم التربة بتثبيت جذور النباتات .

٢ - تزود التربة النباتات بالماء والأملاح المعدنية (المواد المغذية) .

٣ - تؤدي التربة مهمات النقل أو الغذاء أو الإيواء أو كمكان للراحة بالنسبة للحيوانات .

٤ - تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة وإعادتها إلى دورتها الطبيعية .

وتعرّف التربة على أنها المادة المعدنية التي قد توجد على هيئة صلبة (مثل الجلمود والحصى والبروزات الصخرية الكبيرة والقطع الكبيرة من الحجارة) أو على هيئة جزيئات معدنية ناعمة يشار إليها بالرمال والغرين والطين تبعاً لنُسجها ، وغالباً ما تحتوي هذه التربة على كميات ضخمة من المادة العضوية التي تكوّن دبالاً غزير الإنتاج.

ودراسة التربة تعرف بإسم علم التربة pedology وهو فرع مرتبط بالعلوم التطبيقية ، حيث يوفر معلومات قيّمة لعلماء الزراعة والغابات والبيئة والجيولوجيا. وتتكون التربة نتيجة لثلاث عوامل رئيسية هي :

١ - التعرية الجوية Weathering ، حيث تؤدي درجات حرارة التجمد والإنصهار المتكررة ، وخصوصاً عن طريق تجمد وإنصهار الماء الذي يتسرب بين شقوق الصخور إلى التفكك الفيزيائي للصخر ليعطي دقائق ناعمة نسبياً .

٢ – عمليات الحت Erosion ، وخصوصاً عن طريق التيارات المائية للسيول أو عن طريق المواد الكيميائية (ولا سيما الأحماض العضوية التي تضاف إلى التربة من قبل النباتات والحيوانات ونشاطات الانسان المختلفة ، والتي تغير من طبيعة الصخر الأصلي وتساعد في تجزئة وإذابة المكونات المعدنية) أو عن طريق بعض المواد المعدنية والكيميائية المتكونة من بقايا عضوية للنباتات والحيوانات ، أو التحلل الكيميائي للمواد المعدنية حيث تختلط هذه المواد المعدنية أو الكيميائية مع ماء التربة الذي يتخلل حبيبات وشرائح التربة Soil profile ويحدث تفككاً في نسيج التربة .

٣ – الترسيب Sedimentation ، وهذا يتم عن طريق الرياح بشكل أساسي حيث تحمل جزيئات التربة من منطقة معينة وتُلقي بها في منطقة أخرى .

وبسبب هذه العوامل الثلاث يختلف نوع التربة من مكان لآخر . وتتكون التربة من مكونات أربعة رئيسية وهي : الرمل والطين والغرين والدبال . وتحدد هذه المكونات خواص التربة وعادة ما تتكون التربة من نسب مختلفة من هذه المكونات . وتتغير التربة بتغير الظروف المناخية وما يصاحبها من مجتمعات نباتية وحيوانية وذلك لأن القوى الكيميائية والفيزيائية المختلفة سوف تُغير بالتأكيد المواد المعدنية والعضوية في التربة . ويمكن لنا التحدث بإيجاز عن مكونات التربة الأساسية .

١ – الرمل Sand ، تتكون حبيبات الرمل من عملية التعرية الجوية لصخور السيليكا ، وبالتالي تعتبر السيليكا (SiO_2) أهم مكونات الرمال ، وقد تختلط عناصر أخرى مثل كربونات الكالسيوم في الشواطيء المرجانية والجزر . ويبلغ قطر حبيبات الرمل ٥٠-٢٠٠ ميكرون ، وهذا الحجم يعتبر كبيراً نسبياً مما يجعل نفاذية الماء Permeability في الرمل عالية ومما يجعل تهوية جذور النباتات بالأكسجين Gaseous volume عالية أيضاً . ولكن تكون الخاصية الشعرية Capillarity ضعيفة (إنتقال الماء من أسفل إلى أعلى في التربة إعتماداً على الخاصية الشعرية) . وتعتبر التربة الرملية غير ناضجة وجافة نظراً لعدم قدرتها على الإحتفاظ بالمعادن ولإرتفاع نفاذيتها ولتدني الخاصية الشعرية فيها .

٢ – الطين Clay ، تتكون هذه من التعرية الجوية لصخور الجرانيت وتحتوي على مركبات الألمنيوم والمعادن المرافقة له . وتعتبر حبيبات الطين دقيقة حيث يبلغ قطرها أقل من ٢ ميكرون وبالتالي يزداد تماسكها ببعضها مما يجعل إحتفاظها بالماء مرتفع مقارنة بالرمل مما يحسن من الخاصية الشعرية لها . ولكن قوة تماسكها تجعل جذور النباتات غير قادرة على إختراقها وبالتالي غير قادرة على الإستفادة من ما تحتفظ به من ماء . ويستطيع الطين أن يحتفظ بالمعادن ولكن لنفس السبب السابق وهو عدم قدرة الجذور على إختراقها يجعل النباتات غير مستفيدة من هذه المعادن .

٣ – الغرين Silt ، ويتكون من أنواع مختلفة من طبقات الصخور التحتية Parent rocks وتترسب بالتربة بواسطة الرياح والمياه وخصوصاً في مناطق دلتا الأنهار ، ويعتبر حجم حبيباتها وسيطاً بين الرمل والطين إذ يتراوح ما بين ٢–٥٠ ميكرون ويشابه الغرين الطين في خواصه لكنه أقل تماسكاً وصلابة .

٤ – الدبال Humus ، وهو عبارة عن المادة العضوية في التربة ويتكون من بقايا النباتات وفضلات الحيوانات المحللة جزئياً ، ويعتبر الدبال ضروري للتربة حيث يحافظ على الفراغات الهوائية في التربة الطينية مما يقلل من صلابتها كما يجعل التربة الرملية تحفظ كمية أكبر من الماء . ويمنع الدبال من عملية نزع المعادن من التربة ، ويؤثر الرعي الجائر والزراعة المتكررة على كمية الدبال ويقلل من نسبتها مما يجعلها غير مناسبة للزراعة .

والتربة المزيجة Loam عبارة عن مكونين أو أكثر من المكونات الأربعة السابقة وبالتالي تدمج الخواص الجيدة من كل نوع . وعلى سبيل المثال تكون التربة المزيجة ذات تهوية جيدة بفعل الرمل وتستطيع الحفاظ على الماء والمعادن بفعل التربة الطينية وعادة ما يكون فيها كمية مناسبة من الدبال (٥–٢٠٪) أو أكثر . والتربة المثالية للنباتات هي التي تحتوي على ٤٠٪ رمل ، ٤٠٪ غرين ، و ٢٠٪ طين .

ويستخدم علماء البيئة عدة طرق لتحديد قوام التربة Soil texture وتتمثل

أبسطها في طريق التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical analysis حيث تُجفف عينة من التربة بفرن حراري عند درجة حرارة ١٠٥–١١٥° مئوية لمدة تتراوح ما بين ٢٤–٤٨ ساعة . وترتب مجموعة مناخل التربة Soil seives فوق بعضها ترتيباً تنازلياً بحيث يكون أكبرها مساماً في القمة (لكل منخل قطر مسامي مختلف) ويوضع ١٠٠غم من التربة المجففة في أعلى منخل ثم تهزّ المناخل إما يدوياً أو بهزاز آلي بحيث يمكن فصل الأحجام المختلفة لدقائق التربة ، ويوزن التراب في كل منخل على حدة ، وتحسب نسبته المئوية من وزن العينة الكلي . وبعد حساب النسبة لكل مكون من مكونات التربة نستطيع تحديد نوعها بالرجوع إلى مقياس عالمي ثابت يبين قوام التربة .

إن قوام التربة يُعد ذو أهمية بيئية قصوى نظراً لأن حجم الدقائق السائد في أي بقعة لابد وأن يكون له أثر كبير على نباتات وحيوانات هذه البقعة ، حيث نجد أن التربة الأقل خشونة تسمح لجذور النباتات أن تخترق الطبقة التحتية بسهولة أكثر وتسهل عمل الحيوانات الثاقبة للتربة Burrowing animals .

ويعتبر مقدّ التربة Soil profile وعمقها Soil depth من أهم المميزات التي تميز أنواع التربة عن بعضها . ويتوقف عمق التربة على مجموعة واسعة من الظروف الكيميائية والحيوية والفيزيائية داخل المنطقة وتُعد المادة الترابية غير المتصلبة مهمة في تحديد الغطاء النباتي ، وتبعاً لذلك الحيوانات الموجودة في المنطقة . وفي مناطق الحافات الصخرية العارية Bare rock ledges أو البروزات الصخرية Rock cout-crops أو الإنحدارات الصخرية السحيقة Rock cliffs لا تستطيع الكائنات الحية تحمل هذه الظروف الخشنة . إلا أنه هناك بعض النباتات القادرة على التحمل وخصوصاً أنواع من الحزازيات والأشنات وبعض الحيوانات مثل القوارض والخفافيش والطيور الجارحة .

وقد قسم علماء التربة أشكال التربة حسب عمقها بصورة تقريبية كما في جدول (٥–٢) وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يجب التفريق بين العمق الفيزيائي للتربة والعمق الفسيولوجي لها ، حيث توصف التربة بأنها عميقة رغم أنها قد تكون ضحلة

فسيولوجياً نظراً لوجود طبقات رقيقة من كربونات الكالسيوم التي تؤدي إلى إندفاع الماء الباطني إلى سطح التربة مما يمنع الإستعمال الكامل للتربة المتاحة لجذور النباتات أو كائنات التربة الأخرى .

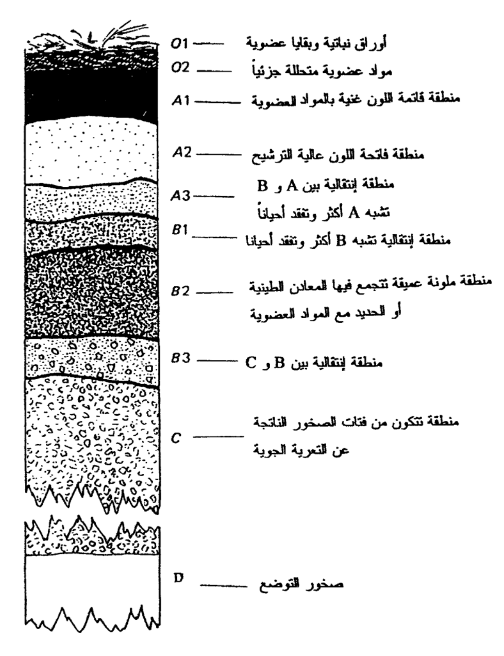
جدول (٥-٢) تصنيف التربة على أساس العمق (عن نايت ، كليفورد ، ١٩٨٢)

نوع التربة	العمق (سم)
ضحل جداً	أقل من ٢٥ر١٥سم
ضحل	٢٥ر١٥ - ٥ر٣٠
معتدل العمق	٥ر٣٠ - ٦١
عميق	٦١ - ١٢٢
عميق جداً	أكثر من ١٢٢

مقد التربة Soil profile هو تقسيمها (من ناحية مكوناتها) إلى طبقات عند أخذ مقطع عمودي فيها . ويوضح الشكل (٥-٢) مقطعاً لتربة ناضجة حيث يمتد من سطح التربة وحتى صخور القشرة الأرضية التي تتوضع عليها . ويظهر في هذا المقطع كيفية تتابع الطبقات أو شرائح التربة Soil horizons ، وتمتاز كل شريحة بصفات كيماوية وفيزيائية وحيوية خاصة بها . ويتأثر مقد التربة بعوامل عدة منها : الصخور الأصلية Parent rocks المكونة للتربة ، والمناخ والزمن والغطاء النباتي . ويتكون مقد التربة في الظروف العادية من ثلاثة شرائح هي : C,B,A ويضاف لها غالباً شريحة O التي تمثل طبقة المواد العضوية التي لم تتحلل بعد و D التي تمثل صخور القشرة الأرضية التي تتوضع عليها الشرائح المذكورة . وهناك القليل من ترب العالم التي تضم جميع هذه الشرائح ، فالتربة الحديثة التكوين على سبيل المثال تتمثل في شريحتي C,A والتربة التي تكون قد تعرضت للإنجراف المتسارع تتكون من شرائح C,B بسبب إنجراف شريحة A عنها .

ويختلف سمك كل شريحة من شرائح التربة إختلافاً كبيراً من تربة لأخرى ، ففي بعض أنواع التربة تكون الشرائح قليلة السمك وفي البعض الآخر كبيرة السمك

كما تختلف الشرائح عن بعضها في اللون الذي يعد من الصفات المميزة لشرائح التربة .



الشكل (٥-٢) مقطع في تربة ناضجة من النادر وجود جميع هذه الطبقات في تربة معينة (Smith , 1980)

وفيما يلي إستعراض عام لهذه الشرائح :

١ – شريحة (O) وهي عبارة عن أوراق الأشجار المتساقطة والبقايا العضوية التي لم تتحلل بعد .

٢ – شريحة (A) وهي الطبقة السطحية التي تخترقها جذور النباتات ، وتحتوي أعلى نسبة من المواد العضوية التي تكون في طريقها إلى التحلل مما يعطيها لوناً داكناً . وتدعى هذه الطبقة أيضا بطبقة الترشيح Leaching horizon وذلك لإنتقال المواد المعدنية الدقيقة من هذه الطبقة إلى (B) وتقسم هذه الشريحة إلى شرائح ثانوية مثل (A0,A1,A2,A3) ، ويكون آخرها A3 وهي مرحلة إنتقالية بين شرحة (A) وشريحة (B) .

٣ – شريحة (B) وهي الشريحة التي تلي شريحة (A) والتي يتم فيها تجميع المواد العضوية المنغسلة من شريحة (A)، لذا فهي شريحة الترسيب أو التجميع Eluviation horizon . وقد نقول بصورة عامة أن الشريحة (B) تتميز بألوان قاتمة نظراً لوجود مواد معدنية خشنة بالإضافة إلى عملية الغسيل الحاصلة لشريحة (A) والتي تسبب تجميعاً للتربة . وتقسم أيضاً شريحة (B) إلى شرائح ثانوية ، ويطلق على شريحتي (B,A) بالتربة الحقيقية True soil.

٤ – شريحة (C) وتختلف عن شريحتي B,A في أنها لا تشكل تربة بالمعنى الحقيقي كما أنها ليست بصخور صلبة وإنما هي مرحلة إنتقالية بين الصخور والتربة وتتكون من صخور مفتتة بمختلف الأحجام بفعل عوامل التعرية الجوية والحت والترسيب المذكورة سابقاً .

٥ – شريحة (D) وتتكون من صخور غير متأثرة بالتعرية الجوية أو ربما تتكون من الطين أو الرمل ، وفي هذه الحالة لا يعتبر الطين والرمل مادة تحتية أصلية .

ومن الجدير بالذكر أن التربة ليست الطبقة الوحيدة التي يمكن للكائنات الحية العيش عليها ، فالجليد في المناطق القطبية الشمالية والقطبية الجنوبية والتندرا يوجد بشكل دائم ويمثل سطحاً أكثر صرامة للحركة ، وقد تعيش عليه بعض الحيوانات

كالفقمة ، ولكنه يسبب جفافاً فسيولوجياً بالنسبة للنباتات . وتمثل بعض الكائنات الحية سطحاً حيوياً للعديد من النباتات والحيوانات المختلفة ، فالحيوانات المتطفلة سواء داخلياً Endoparasites أو خارجياً Ectoparasites تقطن أجسام الكائنات الحية ، وكذلك هناك الفطريات المتطفلة والنباتات العالقة Epiphytes (التي تتعلق على الأشجار أو الشجيرات أو الحشائش). وقد يحوي الإنسان مجموعة متباينة كبيرة من الطفيليات والكائنات المتعايشة داخل جسمه أو على سطحه.

٥:٢:٧ المغذيات الأولية (الأملاح المعدنية) Biogenic salts

تعتبر الأملاح المعدنية من العوامل المحددة لتوزيع الكائنات الحية وبشكل أساسي للنباتات ، وقد بنى العالم البيئي ليبيج مبدأه في الحد الأدنى إعتماداً على المغذيات الأولية . وكما نعرف فإن النيتروجين والفوسفور لهما أهمية كبيرة من الناحية البيئية حيث يشكلان الهيكل التركيبي للكائنات الحية (النيتروجين ضروري لبناء الأحماض الأمينية وبالتالي البروتينات والفوسفور ضروري لبناء العظام يدخل في تركيب الأحماض النووية وحاملات الطاقة) ويليها البوتاسيوم والكالسيوم والكبريت والمغنيسيوم . وبالنسبة للكالسيوم ، فالرخويات تحتاجه بشكل دائم لصناعة أصدافها ولابد من وجوده في طعامها . وكذلك النباتات فهي تحتاج المغنيسيوم لصناعة الكلوروفيل فلابد من وجوده في التربة . وهذه الأملاح المعدنية التي تحتاجها النباتات والحيوانات بكمية كبيرة تسمى المغذيات الرئيسية Macronutrients .

وهناك بعض المغذيات التي تحتاجها الكائنات الحية بكميات بسيطة وتسمى المغذيات الثانوية Micronutrients لكن عدم توفرها في التربة قد يؤدي إلى عدم الإنبات أو ظهور أعراض مرضية على النباتات ، وهذه المغذيات هي الحديد ، المنغنيز ، النحاس ، الزنك ، البورون ، الصوديوم ، المولبيديوم ، الكلور ، والكوبالت ، وهناك اليود الذي تحتاجه الحيوانات الفقارية . وهذا التقسيم للعناصر الغذائية ليس بتقسيم حاد بل يتداخل أحياناً فمثلاً تحتاج الفقاريات الصوديوم والكلور أكثر من إحتياج النبات لهما . ومعظم هذه المغذيات الثانوية تقوم بعمل مشابه للفيتامينات أو تعمل كمنشطات معدنية وذلك عند إرتباطها بمركب عضوي . ومثالا على ذلك يدخل الكوبالت في

تركيب فيتامين B12، ويعتبر المولبيديوم ضروري جداً للبكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة التي تثبت النيتروجين ، ونقصه يعتبر عاملاً محدداً للنبات .

٥:٢:٨ النار Fire

يعتبر عامل النار مهماً في تأثيره على توزيع الكائنات الحية وقد ركز علماء البيئة عليه في الآونة الأخيرة كعامل محدد لتوزيع الكائنات الحية . وعامل النار قد يرتبط بالإنسان إلا أن تأثيره فعال جداً ويعتبر عاملاً مهماً في وجود أو غياب بعض الكائنات الحية .

يعتبر عامل النار عاملاً مهماً في المجتمعات العشبية والغابات التي توجد في المناطق الحارة والإستوائية ، وقد تسبب الإنسان عن قصد في إشعال النار في الغابات وذلك لهدف الزراعة أو العمران أو لأسباب أخرى . وقد تشعل النار وتحرق غابات شاسعة بسبب اللامبالاة وعدم الإكتراث كما يحصل في المتنزهات القومية . والنار الشاملة (الجامحة) Wildfires التي تحطم كل ما هو أخضر بالإضافة لتحطيم المواد العضوية الموجودة في التربة ، أما النار السطحية Surface fires فإن تأثيرها محدوداً . والنوع الأول يؤثر على جميع ما هو حي حيث يحتاج المجتمع البيئي للنمو من جديد بادئاً من الصفر ، ويحتاج وقتاً طويلاً لبلوغ ذلك . والنار السطحية تحدث تأثيراً إختيارياً لذا نجد تأثيرها على بعض الكائنات الحية فقط ونجد أن الكائنات الحية المقاومة لهذا النوع من النار تزداد نمواً وإنتشاراً على حساب الكائنات الأخرى . وتؤثر النار على خصوبة التربة بأن تهيء للبكتيريا المحللة الظروف المناسبة لبدء عملها ، كما تنشط أيضاً البكتيريا المثبتة للنيتروجين والتي تعيش على جذور النباتات البقولية . ولتوضيح دور النار كعامل محدد نورد المثال التالي : في جنوب شرق الولايات المتحدة يوجد العديد من الغابات الصنوبرية السائدة في المجتمعات الغابية . ويعتقد العلماء ان السبب وراء سيادة هذا النوع من الأشجار يكمن في مقدرتها على مقاومة الحرائق . ويعزى سبب هذه المقاومة لوجود زوائد ابرية الشكل تغطي البراعم الطرفيه لهذه الأشجار وتحميها. ويعتبر وجود الحرائق ضروري للأعشاب والنباتات البقولية حيث تنشط بعد حرق الأشجار . وكنتيجة لذلك فإن أشجار الصنوبر والأعشاب والنباتات البقولية والحيوانات المرتبطة بها يستطيع تحقيق الوجود والإنتشار والسيادة بوجود الحرائق على

فترات متقطعة لذا فالنار قد تكون مسؤولة عن سيادة وانتشار بعض الأنواع وفقدان انواع اخرى .

٥:٢:٩ المناخ الدقيق Microclimate

وهو دراسة شروط مناخية خاصة في منطقة محدودة الأبعاد ، تختلف احياناً عن المناخ العام إختلافاً كبيراً ، وتنتج هذه الشروط المناخية بسبب عوائق جغرافية صغيرة مثل حائط أو صخرة أو جذع شجرة أو غطاء نباتي ، تحدث تغيراً غير ملموس بالنسبة للانسان ولكنه مهم جداً بالنسبة لبعض النباتات والحيوانات خاصة ذات الحجم الصغير كالأعشاب والحيوانات اللافقارية والفقاريات الصغيرة . ويمكن أن نطلق مصطلح البيئة الموضعية Microhabitat على البقعة التي تحتوي شروط مناخية معينة وبالتالي يمكن أن يكون المسكن (الموطن) البيئي Habitat الواحد مقسم إلى العديد من البيئات الدقيقة Microhabitats التي تختلف شروطها المناخية عن بعضها البعض . فالشروط المناخية للأفعى التي تعيش بين الحجارة تختلف عن شروط الفأر الذي يعيش في جحر ، وتختلف عن عقرب يعيش تحت صخرة وهكذا ، رغم أن جميعها قد تعيش في نفس المسكن (الموطن) البيئي . وقد إستطاع العلماء صناعة أجهزة مخبرية في الحقول الميدانية تستطيع رصد التغيرات الدقيقة في المناخ في البيئات المختلفة وعلى سبيل المثال يوجد جهاز صغير الحجم يستطيع رصد درجة الحرارة والرطوبة ويمكن وضعه في جحر فأر وبالتالي معرفة ما يطرأ من تغير في درجة الحرارة والرطوبة في داخل الجحر خلال مدة معينة ، ويتم ربط هذه التغيرات مع فسيولوجية وسلوك ذلك الفأر .

٥:٣ الكواشف البيئية Ecological indicators

تُستخدم بعض أنواع الكائنات الحية ككواشف تدل على طبيعة أو ظروف البيئة المحيطة بها ، ويكون ذلك إما بدليل وجودها أو غيابها أوشكلها أو وفرتها ، وعلى سبيل المثال تنمو نباتات من الجنس أستراجلس *Astragalus* مرتبطة بالسيلينيوم وهو معدن من المعادن الموجودة في التربة والتي تتواجد بصورة عامة في رسوبيات اليورانيوم أو قريبة منها ، وهكذا تُستخدم هذه النباتات للإستدلال على مكامن خام اليورانيوم . وقد دلت

الدراسات على أن تواجد الصنوبر *Pinus* والعرعر *Juniperus* فوق مصادر اليورانيوم يؤدي إلى إحتواء أغصانها الهوائية على تركيزات عالية من اليورانيوم . ويمكن الاستدلال على ذلك عن طريق جمع كمية من الأوراق وحرقها وفحص رمادها فإذا كانت النسبة جزئين بالمليون فإن اليورانيوم قابل للإستغلال تجارياً . وغالباً ما يستخدم نبات البرعم الأحمر *Cercis canadensis* كدليل على وجود الدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) .

ويُعد وجود البكتيريا القولونية (وهي من الكائنات الدقيقة التعايشية في أمعاء الإنسان والحيوانات) في الماء دليلاً على تلوثه بالبراز ، فإذا فاق عدد البكتيريا القولونية معايير معينة في بحيرة أو بركة ، تُمنع السباحة فيها . وتستخدم أيضاً الطحالب لنفس الغرض حيث تدل على التلوث بالمجاري العامة الذي يؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication ، فإزدهار الطحلب الأخضر *Chlorela* يدل على التلوث كما يدل الطحلب الأخضر المزرق *Anabaena* على تلوث أكثر خطورة . ويوجد الكثير من الأنواع النباتية التي تدل على المناطق الجافة أو الرطبة أو المناطق الساحلية ، وتدل بعض النباتات على أنواع التربة أو ملوحتها وتدل أنواعاً أخرى على المناخ السائد في المنطقة.

وهناك طراز آخر من الكواشف البيئية وهو ظهور أعراض مرضية معينة مرتبطة ببيئة معينة أثرت على نبات أو حيوان . فتكوّن بعض أنواع النباتات تقرحات أو بقع استجابة لملوثات هوائية معينة ، فمثلاً تدل علامات بين عروق أوراق البنفسج على تراكيز عالية من ثاني أكسيد الكبريت ، ويدل ظهور علامات بيضاء صغيرة على نباتات التبغ على مستويات عالية من الأوزون في الهواء بينما يدل إختفاء الأشنات على التلوث الهوائي بنسب عالية من الكبريت في الهواء .

وتستخدم عادة الكائنات الحية ذات مستويات التحمل الضيقة ككواشف بيئية أكثر من الكائنات واسعة التحمل ، وكلما ضاق مستوى التحمل زادت الدقة في الكشف عن الظروف البيئية ، فمثلاً نقص النباتات النادرة (ضيقة التحمل) في منطقة معينة يدل على أن المنطقة تعاني من الرعي الجائر دون أن يتأثر الغطاء النباتي ككل . وتمثل الطحالب الدقيقة والمرئية أفضل الكواشف على الإطلاق لأنها تعطي إستجابة حيوية سريعة ذات علاقة بالتركيب والوظيفة لهذه الكائنات .

الفصل السادس

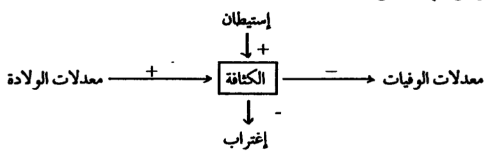
بيئة الجماعات

Population Ecology

٦:١ مفهوم الجماعات Concept of populations

تُعد الجماعات اللبنة الأساسية في علم البيئة حيث تكوّن المجتمعات ومن ثم النظم البيئية . وتعرّف الجماعة على أنها مجموعة من أفراد أحياء تتبع نوع واحد وتعمل داخل إطار من حيث الزمان والمكان على حد سواء ، وهذه الأفراد تتفاعل فيما بينها لتخلق علاقات وتداخلات حيوية تنظم نموها وتكاثرها وإنتشارها ، وهكذا نتحدث عن جماعة من الفئران في حقل زراعي وعن جماعة من العصافير في غابة وعن جماعة من نباتات الاوركيد . وعند الدراسة الأولية للجماعات الحياتية يكون من المفيد التعرف على خواص معينة للجماعات تميزها عن باقي حلقات (مكوّنات) الطيف البيولوجي فنرى أن لها تنظيم تركيبي ووحدة وظيفية وطراز من النمو تختلف بموجبه الجماعات عن بعضها البعض ، ويكون تركيب الجماعة قابلاً للتجديد من حيث أعداد الأفراد والكثافة والإنتشار المكاني والمجاميع العمرية والنسب الجنسية وتنظيم التوالد . كما وتكون تركيبة الجماعة محددة من حيث معدلات الولادة ومعدلات الوفيات والتغيرات من خلال الهجرة أو الإستيطان . ويعتبر العلماء المعايير الرئيسية التي تتحكم في كثافة الجماعات السكانية هي معدلات الولادة Natality ،

معدلات الوفيات Mortality ، الإستيطان Immigration والهجرة للخارج (الإغتراب) Emigration .



٢:٦ أحجام الجماعات وتقديراتها Population size and its estimates

قد تتباين أحجام الجماعة من بضعة أفراد إلى ملايين الأفراد إذ قد يصل عدد جماعة طيور الكركي الناعق *Grus americana* إلى حوالي ٧٠ فرداً فقط (مُهدد بالإنقراض) وهناك أنواع أخرى نادرة ومعرضة للإنقراض منشرة في جميع أنحاء العالم تمثل جماعات صغيرة جداً . فالتعداد العالمي للأسد الهندي *Panthera leo* يصل إلى أقل من ٢٠٠ فرد تعيش في غابة جيرفي غرب الهند . وهناك أيضاً بقر المها العربي *Oryx leucoryx* الذي كان يقطن العالم العربي ، وفي حوالي الثلاثينات من هذا القرن إنقرض من الأردن والسعودية ومعظم الوطن العربي ولم يبقى منه في عام ١٩٧٠ سوى عدد قليل يعيش في عُمان ، وهناك خطة ناجحة في إعادة توطين هذه الحيوانات وإكثاره في مواطنه الطبيعية التي إنقرض منها في المجتمعات كما هي الحال في محمية الشومري في الأردن .

ومن ناحية أخرى هناك العديد من الأنواع التي تتوافر بأعداد هائلة فقد يصل تعداد جماعة الزرازير في سرب شتوي واحد في شرق الولايات المتحدة إلى خمسة ملايين طير . وقدر عدد الجرذ النرويجي *Rattus norvigecus* في بلتمور في الحرب العالمية الثانية بمقدار ٤٠٠ر٠٠٠ جرذ . وفيما يلي نتحدث عن الطرق المتعددة التي تبحث في تقديرات (قياس) الكثافة المطلقة Absolute density للجماعات الحياتية :

١ – العد المباشر Total count : حيث تستخدم الصور الفوتوغرافية الجوية والكاميرات التلفزيونية احياناً لعد قطعان من الحيوانات البرية أو مستعمرات الطيور

البحرية . وتعتبر هذه الطريقة غير فعّالة حيث هناك العديد من الحيوانات التي لا تُرى بسهولة بسبب سلوكها وموطنها بحيث يصعب عدّها . ويمكن تعداد النباتات في منطقة معينة صغيرة وتصنيفها حسب النوع ومن ثم إستخدام الإحصائيات المختلفة لتبيان كثافة النوع في كل المنطقة . ويشار هنا أيضاً إلى الكثافة النسبية Relative density إذا أراد الباحث بيان أن المنطقة (س) مثلاً توجد فيها كائنات حية أكثر أو أقل من المنطقة (ص) .

٢ – طريقة جمع العينات Sampling Method : وتعتبر هذه الطريقة هامة في قياس الكثافة في الجماعات السكانية وكذلك على مستوى المجتمعات Communities أيضاً . وهذه الطريقة شائعة جداً حيث يبني الباحث رأيه العلمي على عينة من المنطقة المراد مسحها بيئياً . وحتى تكون النتيجة قريبة من الواقع الميداني يقوم الباحث بأخذ أكبر كمية ممكنة من العينات حتى تكون لديه فكرة أوضح ويكون تقديره دقيقاً . وتستعمل لهذه الغاية المربعات Quadrats أو الخطوط المستعرضة Line transicts في دراسة النباتات ، أما في دراسة الحيوانات فتستعمل شبكة الصيد Grid التي تشابه في مضمونها المربعات والمصائد الخطية Linear traps والتي تشابه الخطوط المستعرضة في وظيفتها .

وسوف نقوم بإستعراض وتفسير هذه الطرق في الفصل السابع حيث أن هذه الطرق تستعمل بشكل أوسع لدراسة المجتمعات البيئية سواء كانت نباتية أم حيوانية .

٣ – طريقة صيد العينات وتأشيرها وإعادة صيدها Capture Release and Re capture - حيث يوضع برنامج لصيد الحيوانات من منطقة معينة ثم وضع علامات مؤشرة عليها وإطلاقها في نفس المنطقة التي إصطيدت فيها ومن ثم إعادة وضع المصائد لصيدها مرة أخرى . وتعطى النسبة بين الحيوانات المؤشرة وغير المؤشرة ، في عمليات صيد متتالية تقديراً للجماعة . عدا عن أن هذه الطريقة تعطي الباحث تقديراً عن معدل الولادات والوفيات للجماعة السكانية قيد الدراسة .

ومن الإحصائيات الشائعة لتوضيح هذه النقطة هو معامل لنكولن Lincolin Index أو ما يعرف بطريقة بيترسين Petersen method :

$$\frac{P}{M_1} = \frac{T_2}{M_2} \quad \text{or} \quad P = M_1 \left(\frac{T_2}{M_2}\right)$$

حيث :

P = تقدير الجماعة

M_1 = العدد الكلي للأفراد المؤشرة في فترة الصيد الأول .

T_2 = العدد الكلي للأفراد المصطادة في فترة الصيد الثاني .

M_2 = العدد الكلي للأفراد المؤشرة في فترة الصيد الثاني .

ويمكن كتابة هذه المعادلة بصورة أبسط كالتالي :

$$\text{تقدير الجماعة} = \frac{\text{العدد الكلّي للأفراد المؤشرة في فترة الصيد الأول}}{\text{نسبة الأفراد المؤشرة في الصيد الثاني}}$$

الجدول (٦-١) يبين تقدير جماعة نوع من القواقع الأرضية *Achantia fulica* في جزر هاواي .

وقد التقطت القواقع بالبحث الدقيق والشامل للموطن البيئي ، وأُشّرت بأرقام على الصدفة . ويفترض أنه ليس هناك تحيز في القنص أو إعادة القنص ، والمساحة المدروسة هي ٧٥٠م^2 تقريباً . وبناءً على التجربة فقد اصطيد في ٢١ تموز ٥٠ قوقعاً ، اشّرت ثم اطلقت (M_1) ، وفي يوم ٢٢ تموز اصطيد ٨٨ قوقعاً (T_2) ١٤ منها مؤشرة فقط (M_2) ، إذن تكون نسبة الأفراد المؤشرة ١٥٩ر٠ .

$$\text{تقدير الجماعة} = \frac{\text{العدد الكلّي للأفراد المؤشرة} = ٥٠}{\text{نسبة الأفراد المؤشرة} = ١٥٩ر٠}$$

لذا فالتقدير الجماعي (P) = ٣١٤ قوقعاً . وفي الأيام التالية لغاية ٢٦ تموز كانت التقديرات تتراوح بين ٣١٤-٣٦٨ قوقعاً فيكون متوسط التقدير للجماعة هو ٣٦٤ قوقعاً / ٧٥٠ م٢= ٤٦١ قوقعاً / كم٢ . وقد كانت القواقع من الحجم الكبير بمعدل وزن جسم حي مقداره ٣ر٣٢ غم لكل قوقع وبالتالي يكون مقدار الكتلة الحية Bio-mass من القواقع في الكيلومتر المربع الواحد ٨٩ر١٤ كغم من القواقع .

جدول (٦-١) تقديرات تعداد الجماعة لحلزون الأرض الأفريقي العملاق *Achantina fluica* في هاواي (Southwick, 1972) .

رقم التجربة	التاريخ	المجموع الكلي للجماعة المؤشرة	العدد الموجود في الاحصاء		النسبة المؤشرة في عينة الاحصاء	تقدير تعداد الجماعة لكل ٧٥٠م٢	تعداد الجماعة لكل ١٠٠٠م٢
			الكلي	المؤشر			
١	٢٢ تموز ١٩٦٥	٥٠	٨٨	١٤	١٥ر٩	٣١٤	٤١٩
٢	٢٣ تموز ١٩٦٥	١٣٧	٨٧	٣٣	٣٧ر٩	٣٦١	٤٨١
٣	٢٤ تموز ١٩٦٥	٢٠٧	١٢٧	٧٨	٦١ر٤	٣٣٦	٤٤٨
٤	٢٥ تموز ١٩٦٥	٢٦٩	١٣٤	٩٨	٧٣ر١	٣٦٨	٤٩١
٥	٢٦ تموز ١٩٦٥	٣٠٥	١٤٢	١٢٤	٨٧ر٣	٣٤٩	٤٦٥

وتتطلب طريق صيد العينات وتأشيرها وإعادة صيدها الشروط التالية :

– طريق الصيد ليست إنتقائية بل عشوائية .

– توفر جماعة محصورة نسبياً بحيث لا تحدث هجرة أو إستيطان .

– جميع العينات في وقت تكون فيه الجماعة ثابتة نسبياً وليست في مرحلة تكاثر أو في هجرة أو في حالة موت بسبب وباء معين أو قلة الغذاء .

وفي حقيقة الأمر يندر الحصول على مثل هذه الظروف في الجماعات الطبيعية فقد أظهرت الدراسات العديدة على الطيور والثدييات أن بعض الأنواع يمكن صيدها بسهولة (مُحبة الصيد Trap-happy) بينما يندر صيد الأخرى (حذرة الصيد-Trap shy) وفي بعض الأنواع فإن تكرار صيد الحيوان يقلل إحتمال إعادة صيده مرة أخرى، وكذلك كثيراً ما تكون الولادة والوفاة والهجرة والإستيطان عمليات مستمرة في الجماعات الحياتية ولذلك يتعثر السيطرة عليها .

٤ – طريقة ملاحظة الحيوانات ضمن جماعة ، وهذه الطريق لا تتطلب صيد الحيوانات أو تأشيرها وتعرف بطريقة مُقدّر هانسون Hanson Estimation Method فإذا أُجري عد بالملاحظة لحيوانات في جماعة ما عندئذ يمكن تقدير حجم الجماعة (N) إعتماداً على الصيغة التالية $N = X / P$.

حيث X هو العدد الكلي للحيوانات المحصاة في تعداد واحد و P هي إحتمال رؤية حيوان واحد ضمن الجماعة .

وهكذا إذا عد باحث ١٠٠ غزال في إحصاء واحد في غابة ما ، وإذا كان إحتمال رؤية غزال واحد هو ٢٥٪ عندئذٍ يقدر التعداد الكلي بمقدار ٤٠٠ غزال ولمعرفة P تُجرى عدة ملاحظات للحيوانات على فترات متقطعة ثم تحسب بالمعادلة التالية :

$$P = \frac{X - S^2}{X}$$

حيث X هو متوسط جميع البيانات الاحصائية (التعداد) و S^2 هو تباين العينة لهذا التعداد (العدّات) .

وبالتعويض في الصيغ الأصلية يصبح تقدير هانسون كما يلي :

$$N = \frac{X2}{X - S^2}$$

مثال : قام عالم بيئي بعد طير الشنار في منطقة ما مساحتها ٥٠٠ فدان في ٥ مناسبات وحصل على الأرقام التالية : ٥٠ ، ٩٠ ، ٧٠ ، ٤٧ ، ١٢٠ ، طير شنار، فيكون معدل الارقام (X) = ٧٥ر٤ والتباين للعينات (S^2) = ٣٠ر٣ ، وإحتمال رؤية طير الشنار في هذه الجماعة عندئذ ٦٠ر٠ كما يحسب من المعادلة التالية .

$$P = \frac{٧٥ر٤ - ٣٠ر٣}{٧٥ر٤} = ٦٠ر٠$$

وبالتعويض في مُقدّر هانسون

$$N = \frac{(٧٥ر٤)^٢}{٧٥ر٤ - ٣٠ر٣} = ١٢٦$$

يكون تقدير تعداد الجماعة هو ١٢٦ طير شنار في مساحة ٥٠٠ فدان أو ٢٥ر٠ طيراً / فدان.

٥ – التغير في نسب الجنس، وتعرف هذه بنسبة كالكر Kalker Ratio

$$\frac{S1}{P1} = \frac{S1 - S2}{H}$$

حيث S1 = نسبة الجنس قبل الصيد في منطقة الدراسة، P1 = تعداد جميع الذكور قبل الصيد في منطقة الدراسة، S2 = نسبة الجنس بعد الصيد في منطقة الدراسة، H = المجموع الكلي للذكور خلال الصيد. وتتطلب نسبة كالكر أن يجري الصيد على ثلاث مراحل، المرحلة الأولى (ما قبل الصيد) يحسب فيها نسبة الذكور للإناث ومرحلة الصيد ومرحلة ما بعد الصيد حيث تحسب نسبة الذكور للإناث مرة أخرى.

مثال: في دراسة على نوع من القوارض (فأر البيت) في حقل معين كانت نسبة الجنس الملحوظة قبل فترة الصيد ٥٠ ذكراً : ١٠٠ أنثى وبعد فترة الصيد في نفس المنطقة كانت النسبة ٤٠ ذكراً : ١٠٠ أنثى وخلال الصيد تم جمع ما مقداره ١١٠ ذكراً.

$$\frac{٠٫٥}{P1} = \frac{٠٫٥ - ٠٫٤}{١١٠}$$

P1 = ٥٥٠ فأراً ذكراً قبل الصيد وبالتالي يكون تعداد جميع الذكور في منطقة الدراسة بعد الصيد ٥٥٠ – ١١٠ = ٤٤٠ فأراً ذكراً. ويمكن لنا أن نحسب عدد الإناث قبل وبعد الصيد بإستخدام النسب المعطاة بين الذكور والإناث.

وتفترض نسبة كالكر أن ملاحظات نسب الجنس قبل وبعد الصيد متكافئة، فإذا أصبحت الذكور اكثر حذراً من الإناث خلال الصيد فهذا يعني تحيز كبير يُوقع خطأً في التقدير. ولذا يشترط في عالم البيئة الميداني أن يكون كامل التمرس وذو دراية بعادات الحيوانات التي يدرسها قبل أن يطبق طرق تقدير الجماعات هذه، فإذا أمكن الحصول على تقديرات غير متحيزة فمن الأهمية أن تخضع للبيانات الإحصائية مثل الإنحراف المعياري وتحاليل التباين وتقدير أخطاء جمع العينات التي تحدث بمحض الصدفة.

٣:٦ نسبة المواليد Natality

تؤدي نسبة المواليد إلى زيادة أحجام الجماعات وتعني إنتاج أفراد جديدة عن طريق الولادة ، الفقس ، الإنتاش (للبذور) أو الإنشطار (في الأولَيات) . ويرتبط بنسبة المواليد مفهومين أولهما الخصوبة Fertility وهي صفة فسيولوجية للدلالة على قدرة التزاوج لكائن ما والثاني الذريّة Fecundity ويعني عدد أفراد الذرية في زمن محدد لكائن ما . وهناك ما يسمى بالذريّة الظاهرية Realized fecundity فمثلاً يكون معدل الذرية الظاهري للإنسان هو ولادة واحدة كل ثمانية سنين لكل أنثى خلال فترة الخصوبة (ويختلف هذا الرقم إعتماداً على عادات المجتمعات المختلفة) أما مفهوم الذرية الحقيقي Potential fecundity فيكون معدله في الإنسان ولادة واحدة كل ٩ – ١١ شهر لكل أنثى خلال فترة الخصوبة .

وتحسب نسبة المواليد عن طريق حساب عدد الأفراد المولودة لكل أنثى في وحدة زمن معينة ويعتمد هذا القياس على نوع الكائن المراد دراسته ، فبعض الأنواع تتوالد مرة واحدة في السنة وبعضها مرات عديدة والبعض الآخر يتوالد بشكل مستمر.

أما بالنسبة لأعداد المواليد فتتفاوت أيضاً حسب النوع ، حيث تضع الأسماك عادة آلاف البيوض والضفادع مئات البيوض والطيور من ١–٢٠ بيضة أما في الثدييات فنادراً ما يزيد عدد المواليد عن عشرة وغالباً ما يكون ١–٢ مولود . وتتناسب نسبة الذرية عكسياً مع مدة الرعاية للصغار (الأمومة) .

٤:٦ نسبة الوفيات Mortality

نظراً لإختلاف أسباب الوفيات فإن هناك ما يسمى بالعمر الحقيقي أو الفسيولوجي Potential or physiological longevity وهو عمر الكائن الحي بشكل طبيعي وتحت ظروف بيئية ، مثالية ، والذي ينتهي بالشيخوخة Senescence . أما العمر الظاهري أو البيئي Realized or ecological longevity فتؤثر فيه ظروف بيئية كثيرة منها الإفتراس والأمراض وأخطار بيئية كثيرة وبالتالي ينتهي عمر الفرد قبل أن يتقدم عمره ويصل للشيخوخة ، وعلى سبيل المثال فإن العمر المتوقع لنوع من الطيور

المغنية الآكلة للحشرات The European robin في بيئته الطبيعية هو سنة واحدة فقط، ولكن في ظروف مثالية في المختبر فيمكن أن يصل العمر إلى ١١ سنة .

وهناك مقاييس مباشرة وغير مباشرة لإحتساب معدل الوفيات فالطريقة المباشرة تكون بتأشير مجموعة من الأفراد وملاحظة كم يعيش منها إبتداءاً من زمن t وإنتهاءاً بزمن t + 1 . والطرق غير المباشرة كثيرة فمثلاً إذا عرفنا الوفرة النسبية للفئات العمرية المتتابعة في جماعة ما يمكن إحتساب معدل الوفيات بين هذه الفئات . وكثيراً ما تستخدم هذه الطريقة في دراسة الأسماك وذلك بإصطياد الأسماك وتقدير أعمارها ورسم منحنى الصيد Catch curve الذي يمثل العلاقة بين العمر بالسنوات وعدد الأفراد المنتمية لكل فئة عمرية .

$$\text{معدل العيش للفئة العمرية بين ٢–٣ سنة} = \frac{\text{الوفرة النسبية للأسماك بعمر ٣ سنوات}}{\text{الوفرة النسبية للأسماك بعمر سنتين}}$$

٦ : ٥ الهجرة Migration

ويعبر عنها أحياناً بإنتشار الجماعات Dispersal وتشمل الإستيطان Immigration أي الهجرة إلى داخل الجماعات البيئية ، والإغتراب Emigration وتمثل الهجرة إلى خارج الجماعة البيئية . وغالباً لا تؤخذ الهجرة في الحُسبان عند دراسة ديناميكية الجماعات على إعتبار أن معدل الإغتراب في كثير من الاحيان يساوي معدل الإستيطان . ومن ناحية بيئية تُعد هذه الظاهرة هامة جداً لسببين أولهما ؛ في كونها تقلل من التزاوج الداخلي Inbreeding وثانيهما أنها تزيد من نسبة الإنسياب الجيني Gene flow فتسمح بتغير الصفات Variation وإنتاج أفراد ملائمة للبيئة .

وقد تكون ظاهرة الهجرة ذات أهمية لبعض الجماعات وذلك عندما تكون محصلة الهجرة تميل للإغتراب أو الإستيطان ، مما قد يغير من معايير هذه الجماعات ويكون هذا عادة تحت ظروف غير إعتيادية إما للجماعة المستوردة أو الجماعة

المُصدرة، وبصورة عامة عند إحتساب حجم الجماعة يجب أن يؤخذ بالحسبان معدل النقص The loss rate ومعدل الزيادة .

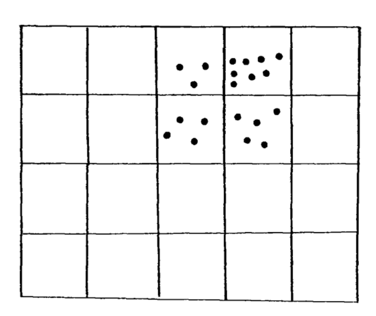
- معدل النقص في الجماعة = نسبة الوفيات + نسبة الإغتراب

معدل الزيادة في الجماعة = نسبة المواليد + نسبة الإستيطان

٦:٦ الكثافة السكانية Population density

تعتبر كثافة الجماعة أو السكان عبارة عن العدد الكلي للأفراد التي تقطن منطقة معينة من المواطن البيئية لفترة زمنية معينة . وتعد الكثافة السكانية ذات أهمية بالنسبة لتوزيع وحجم الجماعة على حد سواء ، ففي جماعات عديدة تكون الحدود الدقيقة للجماعة غير معروفة وبالتالي يعبر عنها فقط بالكثافة السكانية .

وعلى الرغم من أن الأرقام التي تُعبر عن الكثافة تُعد ذات قيمة من حيث أنها تعطي معرفةً بحجم جماعة ما إلا أن هذه الأرقام لا تعطي صورة للطراز التوزيعي داخل البيئة . فمثلاً لنفرض أن لدينا منطقة بيئية قسمت إلى ٧ مربعات وهناك ١٨ فرداً من النوع في هذه المربعات . عندئذٍ تكون النتيجة أن الكثافة هي ٣ أفراد لكل مربع ، ولكن يمكن لجميع هذه الأفراد ان تتواجد في مربع واحد ، لذا يجب الربط هنا بين نتائج الكثافة والتكرار لنحصل على فكرة أساسية عن العدد الكلي للأفراد بالإضافة إلى توزيعها بالنسبة لبقعة معينة . ونعني بالتكرار بيئياً هو النسبة المئوية للبقع النموذجية التي يحتلها نوع معين بغض النظر عن عدد أفراده . ومن المهم هنا التمييز بين نوعين من الكثافة السكانية ألا وهما : الكثافة الخام (الظاهرية) Crude density والتي تعني عدد الأفراد الكلي الموجودة في المساحة الكلية . والكثافة التخصصية أو البيئية Specific or ecological density ويعبر عنها بعدد الأفراد في المساحة المسكونة فقط Utilized area . ويبين الشكل (٦–١) أن الكثافة الظاهرية للجماعة هي فرد / وحدة مربعة ، أما الكثافة البيئية فهي ٢٠ فرد / ٤ وحدات مربعة = خمسة أفراد / وحدة مربعة .



الشكل (٦-١) الكثافة السكانية .

عشرون فرداً في منطقة بيئية مساحتها ٢٠ وحدة مربعة .

الكثافة الظاهرية = فرد واحد / مربع ، الكثافة الفعلية = ٥ أفراد / مربع

٦:٧ السعة الحملية Carrying capacity

قد تصل اية جماعة الى الكثافة القصوى المعروفة بنقطة التشبع ، وهي ثابتة حتى لو زادت كمية الغذاء او عدد اماكن المأوى ، وغالباً ما يكون الوصول إلى نقطة التشبع في اماكن التوالد حيث تحد المساحة الثابتة من عدد الأزواج المتناسلة القادرة على التوطن في موطن بيئي معين . ويؤدي التزاحم الزائد للجماعات المحصورة وبصورة خاصة في المواطن الضيقة الى تكوين نقطة تشبع كما انها قد تؤدي تحت ظروف

متطرفة الى الوحشية كان تأكل صغارها أو بيضها أو يرقاتها .

ويميز كل منطقة ما يسمى بالسعة الحملية Carrying capacity التي تعرّف على انها العدد الكلي للأفراد التابعة لنوع ما والتي تعيش في موطن بيئي تحت ظروف معينة. واذا تغيرت هذه الظروف ، اما بالسلب او بالايجاب ، فان السعة الحملية سوف تتغير تبعاً لذلك بالنقصان او الزيادة على التوالي ، فاذا تغيرت المنطقة بالاتجاه الاحسن كتحسن المأوى وزيادة الغذاء ومناطق التوالد للجماعات تزداد السعة الحملية الى ان تصل الى نقطة لا يمكن ان تتغير بعدها . وتتغير السعة الحملية مع مرور الوقت نظراً لان التغيرات الموسمية تُغير البيئة من ناحية توفر الطعام والمأوى والاقاليم وغير ذلك ، فمثلاً اذا اخذنا في الحسبان دورة حياة احدى الحشرات من العث وكان الطور اليرقي يتغذى على الاوراق النباتية فان السعة الحملية تتحدد هنا ، بكمية الاوراق الخضراء ، وفي اطوار اخرى حيث تتغذى على الازهار فان السعة تتحدد بكمية الازهار الموجودة في الموقع وهكذا .

وتؤثر زيادة عدد السكان ونقصه بالكثافة السكانية فتعمل الزيادة السكانية نحو خفض الكثافة لعدة اسباب منها :

- التنافس ، حيث يصبح حاداً وخصوصاً على الطعام والمأوى والفراغ والتزاوج مما يؤدي الى وفيات بين الأفراد الضعيفة في الجماعة .
- الافتراس ، حيث يصبح اكثر شدة نظراً لزيادة اعداد الفريسة وسهولة الحصول عليها مما يؤدي إلى زيادة السعة الحملية للكائن المفترس الى ان تنقص جماعة الفريسة في الحجم .
- الأمراض والتطفل ، حيث تكون الفرصة مواتية نظراً لزيادة وازدحام الكائنات العائلة مما يؤدي الى نقص في الكثافة السكانية .

اما النقص السكاني فيؤدي في أغلب الأحيان الى زيادات في الكثافة السكانية لتوفر الغذاء والمأوى والفراغ والتزاوج ويكون هذا عادة في الكائنات الانفرادية Soli-tory organisms اما بالنسبة للكائنات الاجتماعية Social organisms فان النقص السكاني قد يؤدي إلى تراجع وتدمير للكثافة السكانية ، حيث يعد السلوك التجمعي

بين الأفراد الاجتماعية عاملاً بيئياً ضرورياً يجب المحافظة عليه لبقاء الجماعة . فنحل العسل المعروف *Apis mellifera* يحتفظ بدرجة حرارة ثابتة داخل الخلية عن طريق سلوك تجمعي لافراد الخلية وذلك بان تقوم بعض الأفراد بتحريك اجنحتها في الصيف لتبريد الخلية وتتجمع حول بعضها في الشتاء لتوفر الدفء للخلية وبالتالي فإن الحفاظ على درجة حرارة ثابتة يتم عن طريق الحفاظ على مستوى جماعي معين داخل الخلية .

وعندما تفوق الجماعات في نقصها نقطة معينة فانها قد تنقرض في منطقة ما لفترة من الزمن ويعتمد تواجدها مرة أخرى على مقدرتها على العودة من مناطق اخرى مجاورة او حين يقوم الإنسان بنقل افراد قليلة منها من نقاط بعيدة كما حصل لبقر المها العربي والحيوانات اخرى منقرضة من مناطق معينة بسبب الصيد . وبصورة عامة تكون الانواع الاجتماعية التي تتنقل عادة على هيئة اسراب او قطعان او تحافظ على وجودها بشكل خلايا او مستعمرات هي التي تتأثر (من ناحية التناسل) بالتعداد الجماعي المنخفض . وقد وجد أن بعض الثدييات مثل فأر الحقل تصبح عقيمة عندما تكون في جماعات صغيرة نتيجة لزيادة التزاوج الداخلي . ويعتبر هذا العامل ايضاً من العوامل التي تحد من حجم الجماعة وقد يؤدي إلى انقراضها .

٨:٦ التوزيع المكاني للجماعة Local distribution

يعتبر التوزيع المكاني للافراد ضمن الجماعة عاملاً مهماً في مفهومي حجم الجماعة وكثافتها ، ويرتبط التوزيع المكاني بسلوك الكائنات الحية . لقد كنا نتحدث عن كثافة الجماعات كما لو كانت الحيوانات موزعة بصورة عشوائية وهذا نادر الحدوث ، حيث ان الافضل للجماعات الحية ان تكون متكتلة ومجمعة وموزعة بصورة غير عشوائية . ويمكن معرفة التوزيع المكاني للافراد في منطقة معينة برسم خارطة ، حيث تقسم المنطقة الى وحدات مربعة ويحدد تواجد الكائنات الحية في هذه المنطقة على الخارطة التي يكون لها مقياس رسم يمثل ابعاد هذه المنطقة (بالملمترات او المايكرونات في حالة الكائنات المجهرية ، بوصات او اقدام في حالة اللافقاريات ، او اميال في حالة

الطيور او الثدييات ومئات الأميال في حالة الحيتان) . ويكون توزيع الأفراد ضمن الجماعات على ثلاثة انماط هي (شكل ٦-٢) :

١ – التوزيع العشوائي Random distribution

ويحدث بشكلٍ نادر في الطبيعة وامكانية حدوثه فقط عندما يكون الموطن البيئي متماثل من حيث الموارد الطبيعية التي تهم الكائن الحي وفي نفس الوقت عدم ميل الافراد للتجمع .

٢ – التوزيع المتماثل Uniform distribution

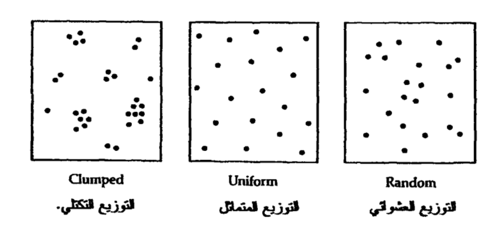
حيث تترتب الافراد بنمط معين يكفل اقل تنافس ممكن ، فهذا النوع من التوزيع ينتج عادة من شدة التنافس على موارد الموطن البيئي الطبيعي . ونراها في النباتات الصحراوية بشكل واضح حيث تفرز بعض الأنواع مواد كيمياوية تعرف بـ Allelopathic substances تمنع اقتراب نوع آخر من اجل استغلال افضل للموارد القليلة المتاحة.

٣ – التوزيع التكتلي Clumped distribution

حيث تتجمع الافراد على شكل تكتلات وقد تكون هذه التكتلات موزعة عشوائياً او منظمة او تتحيز في منطقة معينة على شكل تجمعات ، والذي يقرر ذلك هو السلوك المتبع بين الأفراد داخل التكتل من جهة ، وعلاقة التكتلات مع بعضها من جهة اخرى . وتنتج هذه التكتلات عادة عن علاقات زوجية وعائلية بين الأفراد كأن يحتفظ الذكر بإناثه وصغاره في بقعة معينة من الموطن البيئي . واذا كان هناك تنافس على مورد طبيعي معين بين التكتلات المختلفة ، ينتج ما يسمى بالتكتل المنظم ، اما اذا كان هناك تماثل بالموارد الطبيعية في جميع بقع الموطن البيئي ينتج ما يسمى بالتكتل العشوائي وهذا نادراً ما يحدث لعدم وجود التماثل البيئي التام في المواطن البيئية . ونستنتج مما سبق ان التكتل في التوزيع المكاني ينتج عن سببين رئيسين هما :

١ – عدم تجانس البيئة من حيث توزيع الغذاء او الغطاء او المأوى كأن يتجمع النمل في مناطق معينة حول بقايا محاصيل الحبوب .

٢ – السلوك الإجتماعي للنوع ، فقطعان السمك واسراب الطيور وقطعان الثدييات جميعها تتكتل تبعاً للسلوك الاجتماعي . ويمكن القول ان معظم الحيوانات والعديد من النباتات في البيئة الطبيعية تظهر طراز التكتلات او اللاعشوائية في التوزيع.

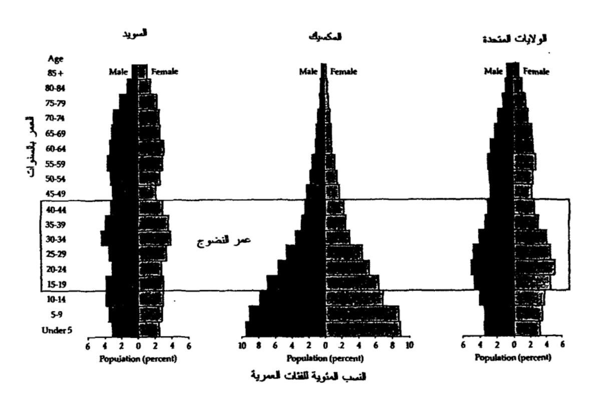


الشكل (٦-٢) أنماط التوزيع المكاني للجماعات .

٩:٦ التركيب العمري للجماعات The age structure

يعرّف التركيب العمري للجماعة على أنه نسبة الفئات العمرية المختلفة بالنسبة لبعضها البعض ضمن الجماعة ككل . ويتم رسم أشكال تمثل التركيب العمري بحيث تبين العلاقة بين النسبة المئوية للجماعة والفئة العمرية التي تناسبها ، ويمكن أن يبين الشكل أيضاً النسبة المئوية للذكور والإناث .

ولتوضيح مفهوم التركيب العمري نورد المثال التالي الذي يبين التركيب العمري لثلاثة أمم بشرية وهي السويد والولايات المتحدة والمكسيك في سنة ١٩٨٥ (الشكل ٦-٣).



الشكل (٦-٣) التركيب العمري لثلاث أمم بشرية (Campbell, 1992)

أ – السويد : نلاحظ من الشكل ان معظم الفئات العمرية للسكان متساوية وينتج هذا عن التعادل بين معدل المواليد ومعدل الوفيات والذي تمتاز به السويد منذ

سنوات عديدة . فتمثل السويد مجتمع مستقر في توزيع الفئات العمرية .

ب – الولايات المتحدة : يلاحظ ان حجم فئة العمر الاصغر (صفر – ٥ سنوات) يقارب حجم فئة العمر البالغة جنسياً ومن ثم تتناقص احجام الفئات العمرية من (٢٠–٤٠ سنة) . ويحصل ان يثبت الحجم في سن (٤٠–٦٠ سنة) ومن ثم يتناقص تدريجياً . والملاحظ ان المجتمع الامريكي ما زال ينمو رغم انخفاض نسبة المواليد .

جـ – المكسيك : تشكل فئة الصغار (قاعدة الهرم) أعلى نسبة في المجتمع كدليل لارتفاع نسبة المواليد من جهة ولقصر طول العمر من جهة اخرى (بسبب الجوع والمرض) . والملاحظ ان المجتمع يحتاج لفترة طويلة جداً حتى يصل لمرحلة الاستقرار في النمو .

وتتوقف النسب العمرية على نسبة المواليد ونسبة الوفيات وانقلاب الجماعة وتتميز بعض الجماعات بانتاج كبير من الصغار مُصاحَب بوفيات بنسب عالية . فمثلاً ينتج سمك الرنكا بالمحيط الهادي ٨٠٠٠ بيضة لكل انثى في الموسم الواحد ، يفقس منها ٩٥٪ ولكن ١ر٠٪ فقط يبقى حياً حتى البلوغ لذا يكون لهذه الجماعات اهرامات عمر ذات قواعد عريضة جداً مع قطع صغيرة متصاعدة الى مستويات البلوغ . ومن جهة اخرى تلد عادة الافيال والحيتان صغيراً واحداً فقط لكل انثى كل بضع سنوات فيكون هرم العمر لها ذات قواعد ضيقة نسبياً ونسب بالغة متسعة ، بمعنى ان معظم الحيوانات في الجماعة تكون بالغة .

وتستخدم هذه الاهرامات ايضاً لمراقبة الجماعات السكانية البشرية (Human populations) ونموها حيث يمكن ان تستفيد منها المؤسسات المختلفة بجمع معلومات عن عدد الأفراد الذين تتراوح اعمارهم من صفر – ١٤ ومن ١٤ – ٦٤ ومن ٦٤ فما فوق لمعرفة ما تحتاجه كل فئة عمرية من مدارس ومن ثم جامعات ومعاهد وغيرها من الأمور التي تهم التنمية البشرية .

٦: ١٠ نمو الجماعات Population growth

٦: ١٠: ١ نظرة عامة

تمتاز الجماعات بانها ليست كياناً ثابتاً فعند اي نقطة زمنية تمارس الجماعات نمواً واتساعاً او انحداراً وتقلصاً ، وجميع الكائنات الحية لها القدرة على نمو جماعي محسوس . ولنأخذ مثالاً انثى فأر المنزل House mouse حيث تستطيع الانثى ان تكوّن ١٠-١٢ بويضة كل ٥ ايام ، ولكن نسبة مئوية ضئيلة فقط من هذه قد تصبح مخصبة وتنمو الى صغار ، واذا حدث الاخصاب عند معدله الامثل (وهذا لا يحدث واقعياً) فان زوجين من فئران المنازل وذريتها يمكن ان تعطى اكثر من ٣٠٠٠ فأراً في سنة واحدة وتعود هذه القدرة الكبيرة للعوامل التالية :

١ - فترة الحمل هي ٢١ يوماً فقط .

٢ - يفطم الصغار عند سن ٢١ يوماً .

٣ - وتنضج الصغار جنسياً خلال ٢١ يوماً بعد الفطام وبالتالي تكون مُعدّة للتوالد عند سن ٤٢ يوماً .

٤ - تكون انثى الفأر في حالة نزوية خلال ٢٤ ساعة بعد الولادة وفي نفس الوقت تكون البويضات ناضجة وتكون الانثى قادرة على التزاوج .

٥ - لإنثى الفأر القدرة على ان تقوم بالحمل والرضاعة في نفس الوقت .

ولا يمتلك العديد من الحيوانات هذه القدرة التناسلية الكبيرة فمثلاً تمتد فترة الحمل للحيتان من ١٢-١٨ شهراً وللافيال من ٢٠-٢٢ شهراً . وبالنسبة للانسان فتعطى المرأة ما بين ٣٠٠-٤٠٠ بويضة طوال فترة حياتها واذا تم الاخصاب تستطيع كل بويضة ان تنمو الى طفل ويمكن للمرأة ان تلد طفلاً في حوالي كل ١٢-١٥ شهراً او ما جملته ٢٠-٢٥ طفلاً على مدار حياتها ، ولا شك ان هذا يعني قدرة تناسلية اكبر بمقدار ٣-١٠ مرات من معدل حجم الاسرة في معظم الاقطار .

وعادة ما يظهر النمو في الكائنات الحية على شكل زيادات رياضية اسية وخصوصاً في المراحل الاولى من نمو الجماعات . وتعرف الزيادة الاسية على انها

التضاعف للعدد الابتدائي (العدد الاساسي) تبعاً للنسبة التي يدل عليها الأُس . ومن الواضح ان النمو الاسى لا يمكن ان يستمر لفترة طويلة فسرعان ما تختلف ظروف التوالد تبعاً لظروف الوسط (العوامل البيئية) . ويعرف النموذج الذي يتم فيه النمو بمنحنى نمو الجماعة .

٦:١٠:٢ منحنيات نمو الجماعات Population growth curves

لقد ادت الدراسات الكثيرة على نمو الجماعات الحيوانية الى ابراز طرازين للنمو هما :

المنحنى الشبيه بحرف J (الذي يصور طوراً من نمو سريع يتعذر الاحتفاظ به) ويعرف بالنمو المالثوسي فيظهر على شكل زيادة اسية في المراحل المبكرة من النمو مع انحدار مفاجئ في مرحلة متأخرة ، أو الشبيه بحرف S (يبين النمو البطئ التدريجي في المراحل المبكرة الى ان يصل حداً اقصى ثم يقل تدريجياً وبشكل منتظم) ويعرف بالنمو اللوجستيكي .

٦:١٠:٢:١ النمو المالثوسي Malthusian growth

قدم عالم الاقتصاد الانكليزي توماس مالثوس في نهاية القرن الثامن عشر فكرته أن الجماعات عادة تميل الى الازدياد بصورة اسرع مما يتوقع لها في وسائط عيشها . وبصورة عامة لاحظ ان الجماعات كانت تميل الى الازدياد هندسياً او اسياً (زيادة مضاعفة) بينما كانت تميل موارد غذائها ووسائط عيشها للازدياد حسابياً فقط (زيادة عادية) . مما يؤدي إلى استنزاف المصادر الطبيعية المتوفرة مثل الموارد الغذائية والفراغ البيئي نتيجة للتنافس الشديد . لذا ينحدر التزايد السكاني نتيجة لذلك بشكل مفاجيء. اما الحالات الاشد قوةً في الانحدار فيكون سببها المرض أو الفقر . وينطبق هذا المنحنى في الطبيعة على الطحالب والنباتات الحولية وبعض الحشرات .

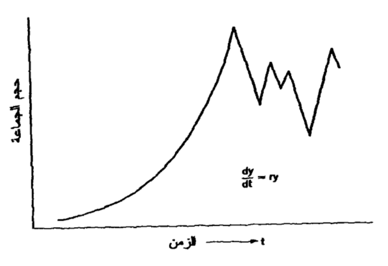
ورغم انجازات الطب الحديث في الصحة والسيطرة على الامراض المختلفة الا

ان هذا العامل ما زال يشكل مشكلة خطيرة على الإنسان والحيوان والنبات على حد سواء مثل امراض الملاريا والكوليرا والايدز . ويبين الشكل (٦-٤) منحنى النمو المالثوسي حيث يلاحظ زيادة اسية في المراحل المبكرة من النمو السكاني مع انحدار سكاني مفاجئ ينتج عن احداث مأساوية خلال المرض والقحط والعنف . وهكذا تكون الحدود العليا للنمو السكاني متميزة بالوفيات الفجائية والعنيفة في اغلب الاحيان .

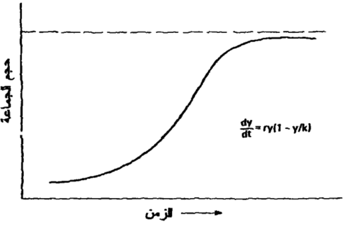
٦:١٠:٢:٢ النمو (النسبي) اللوجستيكي Logistic growth

افترض فيرهنلست Pierre Verhnlst في عام ١٨٣٨ ان الجماعات تنمو عادة بشكل منظم اكبر بكثير من ذلك النمو الذي افترضه مالثوس . ويعتقد فيرهنلست ان الجماعات تنمو بطريقة تمثل بمنحنى شبيه بحرف S وعبّر عن هذا الافتراض بالنظرية اللوجستيكية لنمو الجماعة ، حيث بينت النظرية بان للجماعات معدل نمو بدائي بطئ يزداد اسياً الى ان يصل حداً اقصى ، بعدئذٍ يقل تدريجياً وليس بشكل مفاجيء ، ويكون الوصول الى الحد الاقصى للنمو تدريجياً باسلوب منظم يمكن التنبوء به (الشكل ٦-٤).

ومما يجدر ملاحظته ان المنحنى اللوجستيكي (النسبي) والمنحنى المالثوسي لا يختلفان في المراحل الاولى لنمو الجماعة ، فهما يُظهران بداية بطيئة تتبعها فترة نمو اسي او هندسي . الا انهما يختلفان اساسياً في المراحل العليا او المراحل المتحكمة بالنمو . فيتميز المنحنى المالثوسي على الأغلب بنمط جارف مأساوي لنمو محدد ، بينما يتميز المنحنى اللوجستيكي بنمط منظم وتدريجي لتحديد نمو الجماعة . وقد طُبق المنحى اللوجستيكي (النسبي) على نمو جماعة الخميرة وذبابة الفاكهة وعلى نمو جماعات الحيوانات الاولية Protozoans وبراغيث الماء وقواقع البرك والنمل والنحل وكائنات حية اخرى من قبل العديد من الباحثين ، ويوضح (الشكل ٦-٥) منحنيات نمو الجماعة لخلايا الخميرة Yeast وذبابة الفاكهة *Drosophila* وبراغيث الماء *Moina* وشغيله النمل *Atta* .



منحنى النمو المالثوسي

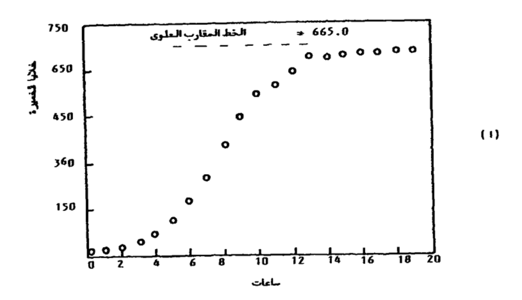


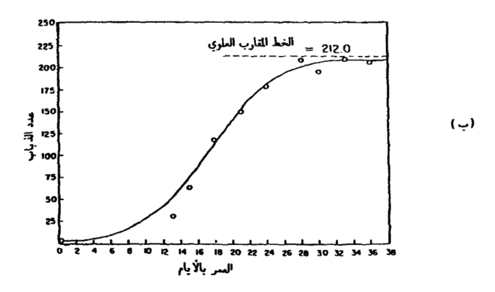
منحنى النمو اللوجستيكي

الشكل (٦-٤) منحني النمو المالثوسي واللوجستيكي (Southwick, 1972)
y = حجم الجماعة ، t = الزمن ، r = أعلى معدل زيادة ، k = مستوى التشبع

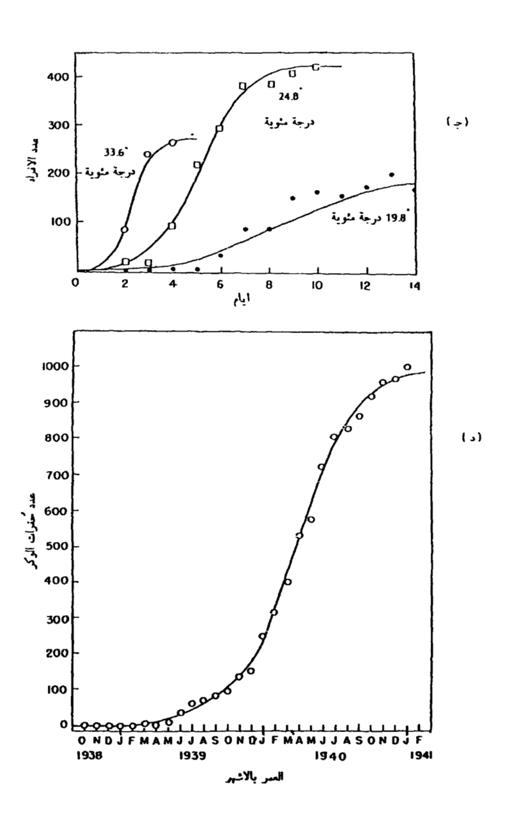
وقد ادت هذه الادلة الى ان يقبل علماء الاحياء منحنى النمو اللوجستيكي ويعتبروه قانون نمو الجماعة ، واستعمل للتنبؤ بمستويات الجماعة المستقبلية للجماعات الطبيعية والتجريبية عن طريق استخدام ما يسمى بالخط المقارب العلوي للمنحنى او مستوى الجماعة العلوي Asymptote (الشكل ٦-٥) حيث يَثْبُتْ النمو تقريباً . ويسمى علماء البيئة مستوى الجماعة العلوي بالسعة الحملية Carrying capacity للمنطقة البيئية المدروسة ، كما يلاحظ في الشكل ، حيث ان الخط المقارب العلوي لخلايا الخميرة يصل إلى ٦٦٥ خلية بعد حوالي ١٤ ساعة من بداية التوالد . ويتبع نمو الجماعات البشرية نمطا مشابهاً فيما لو درس في مناطق مختلفة بصورة منفصلة ، او على مستوى العالم بأجمعه . وقد بينت الدراسات ان نمو السكان في الولايات المتحدة منطبقاً مع منحنى لوجستيكي ذو خط مقارب علوي مقداره ١٨٤ مليون نسمة في سنة ٢١٠٠م.

ان القبول الواسع للقانون اللوجستيكي في بادئ الامر ادى الى منع البحوث الاضافية واهمال العديد من الأسس البيئية والفسيولوجية . وبعد ذلك واجهت النظرية اللوجستيكية معارضة شديدة من قبل بعض علماء الاحياء والبيئة وادعوا بان النمو اللوجستيكي لا يحدث الا بوجود ظروف استثنائية كثيرة لا يمكن السيطرة عليها في البيئة الطبيعية ، وأن هناك صراع مستمر بين الكائن والبيئة المحيطة فقد ينحدر النمو بسبب ظرفٍ بيئي ما ثم يعود للوضع الطبيعي عند تحسن الظروف ، لذا تظهر تموجات هابطة وصاعدة في منحنيات النمو في الطبيعة .





الشكل (٦–٥)أمثلة على النمو اللوجستيكي .(Southwick, 1972)
(أ) خلايا الخميرة (ب) ذبابة الفاكهة (جـ) برغوث الماء (د) شغالة النمل



(جـ)
عدد الافراد
33.6°
درجة مئوية
24.8°
درجة مئوية
19.8° درجة مئوية
ايام
(د)
عدد حفرات الوكر
O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F
1938
1939
1940
1941
العمر بالاشهر

٦:١٠:٣ انتخاب (r) و (k) من قبل الجماعات Selection (k) (r)

وتعرف الجماعات التي تميل لاظهار نمو شبيه بحرف J او نمو مالثوسي بمنتخب r وتشير r الى المعدل الموروث للزيادة في المعادلة $dN/dt = rN$

حيث dN/dt = التغير في الجماعة ضمن وحدة زمنية (t)

r = معدل الزيادة الموروث او الجزء من المنحني الذي تزداد فيه الجماعة ضمن فترة زمنية (t).

وتكون هذه جماعات قادرة على نمو سريع او حتى نمو انفجاري ، وتتكاثر على فترات قصيرة ولها اعداد كبيرة للصغار ، وتنضج جنسياً عند اعمار مبكرة ويبدو انها تنتهز الظروف البيئية المناسبة لتحقيق نمو سريع ، كما يكون بمقدورها استخدام الموارد الجديدة بسرعة او غزو مناطق جديدة عندما تسمح الفرصة بذلك ، الا انها غالباً ما تتعرض لوفيات عالية وانخفاضات مفاجئة . ويعتبر فأر المنزل *Mus musculus* والجرذ النرويجي *Rattus norvigecus* والزرزور *Sturnus rulgrais* وانواع عديدة من الآفات الحشرية امثلة لانواع ضمن هذا المنتخب .

وتعرف الجماعات التي تميل لاظهار نمو لوجستيكي او نمو قبي تدريجي بمنتخب (k) وتشير (k) إلى الخط المقارب العلوي للمعادلة اللوجستيكية ، وقد احرزت هذه الجماعات نجاحاً تطورياً وبيئياً نتيجة لنمو متوازن مُحافظ متفادية دورات الازدهار والاخفاق للانماط المالثوسية ، كما ان لها ميلاً اقل نحو النمو المفاجئ ، لكنها أيضاً قد تُظهر نمواً اكثر ثباتاً لفترة من الزمن . وهي تتكاثر بصورة اقل تكراراً ولها احجام اصغر لعدد الصغار او حضنات البيض او / وتميل للنضوج الجنسي عند عُمر اكبر وكثيراً ما تتصف برعاية اكبر من حيث العناية بالصغار ، كما تظهر معدلات وفيات اقل في الاطوار المبكرة . وتعتبر فئران الخشب *Peromyscus* والفئران الجرادية *Onychomys* وطيور عديدة امثلة على انتخاب (k) . وقد تبدي الانواع المتقاربة تطورياً انواعاً مختلفة من الانتخاب وبالتالي تظهر استراتيجيات مختلفة لبيئة الجماعة .

٦: ١٠: ٤ العوامل المؤثرة على نمو الجماعات

أ – عوامل غير معتمدة الكثافة Density -independent factors

وهي العوامل التي تؤثر بشدة على نمو الجماعة بغض النظر عن الكثافة الحياتية ، فقد يهلك اعصاراً او موجه برد ٩٥٪ من الجماعة الحياتية بغض النظر عن كثافتها السكانية . وفي البحث الدقيق في موضوع العوامل غير معتمدة الكثافة تبين انها قد تكون معتمدة الكثافة بصورة غير مباشرة بالشكل التالي : في حالة حدوث فيضان او عاصفة شديدة او قحط او انفجار بركاني فان افراداً قليلة تلك التي يكون لها ملاجئ حماية بصورة غير اعتيادية تمكنها من البقاء حية . فاذا كان عدد مواقع الملاجيء الوقائية هذه محدوداً فانه يكون بالامكان ايواء نسبة من جماعة قليلة الكثافة بواقع اعلى منه في جماعة كثيرة الكثافة وفعلياً تكون جميع العوامل التي تتحكم في حجم الحماية ونموها معتمدة الكثافة .

ب – عوامل معتمدة الكثافة Density dependent factors

وهي عبارة عن مؤثرات بيئية تتباين فيها شدة التأثير على نمو الجماعات مع تباين كثافات الجماعات بصورة واضحة . وعلى سبيل المثال ان عامل الوفيات الذي يهلك ١٠٪ فقط من جماعة قليلة الكثافة و ٧٠٪ عند جماعة كثيرة الكثافة يسمى عاملاً معتمد الكثافة . وتقوم العوامل معتمدة الكثافة بتنظيم الجماعات اما بطريقة خفض معدل المواليد Natality او بطريقة رفع معدل الوفيات Mortality .

٦ : ١١ تذبذبات الجماعة Population fluctuations

وهي عبارة عن سلسلة متواصلة من الزيادة والنقصان في حجم الجماعة . وقد تكون هذه التذبذبات موسمية (اي متعلقة بالمناخ الموسمي) او غير موسمية (لا تتعلق بالمواسم والفصول) .

٦:١١:١ التذبذبات الموسمية Seasonal fluctuations

في المناطق المعتدلة تكون مواسم تكاثر الحيوانات في موسمي الربيع والصيف ، وهكذا يتميز هذان الموسمان بنمو الجماعة وازدياد حجمها ، وتتوقف الحيوانات عن

انتاج الصغار في اواخر الخريف والشتاء .

وفي المناطق الاستوائية رغم انه لا يوجد هناك مواسم متميزة بوضوح (من حيث درجة الحرارة) الا ان موسمية التكاثر موجودة في العديد من الحيوانات والنباتات ، وعلى سبيل المثال تمتلك العديد من الحشرات الاستوائية ذروات حادة من الوفرة تتوافق مع الفصول التي تهب فيها الرياح الموسمية . قد وجد انه حتى الحيوانات الفقارية بما في ذلك رتبة الرئيسات Primates تتميز في الطبيعة بفترات تناسل ومواسم ولادة تترافق على الاغلب مع الرياح الموسمية .

وفي المناطق الاستوائية والمعتدلة معاً يبدو ان هناك قاعدة مهمة وهي ان الصغار تتواجد في اكثر اوقات السنة ملائمة من حيث الغذاء والمناخ ، وهكذا يولد الايل والظبي الصغير عندما يبدأ العشب والكلأ بالنمو لتوفر نباتات نضرة يانعة للتغذية . وتفقس انواع من الطيور عندما يكن غذاؤها من الحشرات متاحاً بوفرة كبيرة . وهناك استثناءات لهذه القاعدة العامة ، فعلى سبيل المثال ، تولد صغار قرود الريصص Rhesus monkeys في منتصف الموسم الحار والجاف في شمال الهند عندما تكون درجات الحرارة عالية (وهي غالباً ما تكون اكثر من ٤٠ درجة مئوية) وعندما يكون الماء نادراً جداً (عدم نمو النباتات الفصلية) ، ومع ذلك تتغذى الصغار كلياً في هذه الحالة على حليب الأم لفترة شهرين او ثلاثة اشهر الى ان يبدأ فصل هبوب الرياح الموسمية الذي يتوافق مع كون الصغير اقل اعتماداً على حليب الام ويبدأ بالحصول على غذائه بنفسه .

وفي النظم البيئية المائية ، تمر ايضاً جماعات عديدة بتذبذبات موسمية واضحة وتظهر عادة الهوائم النباتية (الطحالب المجهرية) Phytoplanktons والهوائم الحيوانية Zooplanktons معاً زيادات ربيعية وخريفية في تعداد الجماعة . وتعرف هذه الزيادات الحادة التي غالبا ما تكون ١٠-٣٢٠ ضعفاً بالنبضات pulses وترتبط هذه النبضات في بعض الأحيان بتغيرات الحرارة او الانقلابات في الطبقات المائية التي تعيد دوران المواد الغذائية .

٦:١١:٢ التذبذبات غير الموسمية

وتكون تذبذبات الجماعة المستقلة نسبياً عن المواسم على طرازين : تذبذبات عشوائية وتذبذبات دورية .

٦:١١:٢:١ التذبذبات العشوائية Random fluctuations

قد تكون التذبذبات العشوائية عبارة عن اضطرابات ضئيلة لجماعات مستقرة نسبياً او قد تكون تغيرات ضخمة في الوفرة بحيث تعطي منحنيات غير مستقرة . ويصعب وجود امثلة على الجماعات المستقرة في العالم المعاصر نظراً لتأثير الانسان على النظم البيئية . ولكننا نقترب من هدفنا عندما ندرس النظم البيئية المعقدة ، وخاصة في الغابات الاستوائية ، حيث يؤدي التباين الكبير للانواع الى انتاج شبكة معقدة من التوازنات الطبيعية لكل نوع . وقد نجد مثالنا في الطيور او الثدييات الكبرى حيث ان هناك تبايناً نوعياً ضخماً بالاضافة الى توفر موارد غذائية زائدة مما يؤدي الى استقرارٍ في حجم الجماعة ، وعندما تحصل حالة من عدم الاتزان المؤقت تستطيع الكائنات الرجوع الى حالة الاتزان بعد فترة قصيرة . ولذلك يكون من الأفضل ان تُدرس التذبذبات على مدى فترات طويلة حتى لا يقع الخطأ (حالة عدم اتزان مؤقت) حيث يُلاحظ في هذه

الجماعات المستقرة نزعه الرجوع الى المستويات النموذجية .

ويُعتبر تدهور المواطن البيئية وانتهاك حرمة المناطق الطبيعية واستعمال المبيدات الكيماوية والصيد من المسببات الاساسية للتذبذبات العشوائية لجماعات الكائنات الحية. ويبدأ التدهور البيئي بان يتناقص حجم الجماعة تدريجياً ، ومع استمرار المؤثر يستمر التناقص الى ان يصبح الكائن الحي مهدداً بالانقراض . واذا لم يتدخل الانسان لانقاذ الكائن الحي ومعالجة اسباب تدهوره سيؤدي ذلك الى الانقراض Extinction علماً ان كل انقراض يؤدي الى تقليل تباين الانواع وبذلك يختزل من استقرارية النظام البيئي . كما يمثل الانقراض فقدان مادة حياتية فريدة لا يمكن تعويضها. ونقيضاً لذلك قد يؤثر الانسان بان يزيد من عدد بعض الكائنات الحية فيساهم في التذبذبات العشوائية مرة اخرى ، وهذا ما يحصل بالنسبة للحيوانات الداجنة كالكلاب ، والقطط ، والمواشي ، وبعض الطيور .

٦:١١:٢:٢ التذبذبات الدورية Periodic fluctuations

ويطلق عليها انقلاب الجماعات الذي يعني ان تصل الجماعة الى الاعداد القصوى من الحجم السكاني على فترات زمنية تكاد تكون منتظمة . ويحصل خلال دورية الجماعة ان يدخل افراد جدد عن طريق التوالد او عن طريق العودة من منطقة جغرافية مجاورة ، وفي الوقت نفسه تُفقد نهائياً افراد اخرى من الجماعة عن طريق الهجرة او الوفاة .

ويتوقف مدى انقلاب اي جماعة على عدة عوامل اهمها معدل الوفيات ، معدل المواليد ، طبائع وسلوك النوع ، مدى انتشار النوع ، والهجرة .

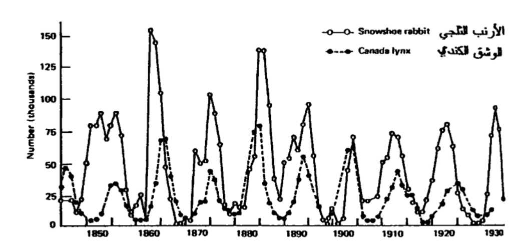
ويسمى انتقال افراد الجماعة بعيداً عن منطقتها الماهولة ، حيث تزايد ضغط الجماعة نتيجة للتنافس على الموارد الطبيعية ، بالانتشار Dispersal . والانتشار مهم جداً لجميع الكائنات الحية ، لانه يساعد على بقاء النوع ويمنع ابادة الجماعة عن طريق ما يسمى بالتحطيم الذاتي Self - destruction او الافتراس او التنافس كنتيجة لازدحام السكان وقلة الموارد الطبيعية . كما ان القدرة على الانتشار تساعد افراد الجماعة في التواجد في مناطق اكثر استقراراً من ناحية المأوى والغذاء ، وخصوصاً في المناطق التي يحدث فيها تغيرات موسمية ، الامر الذي يؤدي الى تغيير في المأوى والغذاء . وقد اضيف سبباً آخر لانتشار الافراد ضمن الجماعة في السنين الاخيرة وهو ان هناك نمط سلوكي موروث في كل نوع هو المسؤول المباشر عن الانتقال الى مناطق اخرى وقد اثبت علماء البيئة ذلك على ذبابة الفاكهة حيث استنتجوا ان هناك ميل الى الانتشار بعيداً عن المناطق المأهولة بالرغم من وجود غذاء وظروف مناخية حسنة وكثافة للنوع مناسبة في البيئة الأصلية .

ان بعض الفقاريات تصل الى ذروات الجماعة (انهاء دورة) مرة كل اربعة اعوام بينما تمتلك انواع اخرى دوره كل عشرة اعوام كما يوضح الجدول (٦-٢) .

جدول (٦-٢) قائمة ببعض انواع الفقاريات تمثل الفترة اللازمة لانهاء دورة واحدة في كل منها (عن كليفورد نايت ، ١٩٨٢) .

الحيوان	الإسم العلمي	الفترة اللازمة لانهاء دورة بالسنوات (انقلاب الجماعة)
سمك السلمون الوردي	*Oncorhynchus gorbuscha*	٢ سنة
البومة ذات القرون	*Bubo virginianus*	٩-١١
الصقر ذو السيقان الخشنة	*Buteo lagopus*	٤
فأر الحقل الأوروبي	*Microtus pennsylvanicus*	٤
الثعلب الاحمر	*Vulpes fulva*	٩-١٠

وقد لوحظ وجود تشابه واضح في دورة جماعة الفريسة والمفترس وذلك للعلاقة الغذائية التي تربطهما ببعضهما والتي بدورها ترتبط بالحجم السكاني ، ونلاحظ ذلك في العلاقة ما بين نوع من الارانب *Lepus americana* والوشق (الشكل ٦-٦) حيث تحتاج الى ما يقارب ١٠ سنوات للوصول الى ذروة الجماعات في كل من الفريسة والمفترس .



الشكل (٦-٦) العلاقة بين دورة الفريسة (الأرنب) والمفترس (الوشق) (Maclulich , 1937 عن Smith, 1980)

٦ : ١٢ مجالات التوطن Home ranges

إن المدى الذي يتحرك فيه الكائن الحي في وطنه او في مواطن بيئية مجاورة يعرف بمجال التوطن Home range . وفي كثير من الأنواع ، يكون هذا المجال ثابت المدى خصوصاً عند الانواع المستوطنة Endemic species في منطقة معينة . ويضم

مجال التوطن موقع التوطن Home site وهو عبارة عن الجحر بالنسبة لفأر معين او العش بالنسبة لطير او العرين بالنسبة للاسد فهو مكان مبيت الحيوان . ويضم مجال التوطن ايضاً مركز النشاط Center of activity وهو المنطقة التي يكون فيها الكائن الحي على اقصى درجة من النشاط والتي تحظى باكبر قسط من الاهتمام وتحتوي على منطقة الغذاء . ولا يستلزم ان يكون مركز النشاط هو منطقة تقع في مركز مجال التوطن، اذ قد يكون بعيداً عن المركز تماماً كما لا يلزم ان يحتوي مركز النشاط موقع التوطن الا انها غالباً ما تكون كذلك . كما انه ليس من الضروري ان يُزار مجال التوطن يومياً من قبل الكائن ، الا ان الحركة تكون اسهل في مركز النشاط حيث تظهر فيها ممرات وآثار واضحة يتحرك خلالها الحيوان بصورة اعتيادية . وهناك من العوامل ما يجبر الحيوان على ايجاد مجال توطن بديل يكون قريباً من مجال التوطن الاساسي ليستخدمه عند تغير الظروف البيئية لكونه مناسباً اكثر او قد يهجر مجاله نهائياً ويبحث عن مجال توطن آخر ، وهذه العوامل هي : العوامل المناخية الصعبة وزيادة عدد الكائنات المفترسة وتدخل الانسان في عمليات التخشيب والزراعة والانشاء والصيد والكوارث (مثل حريق ، فيضان ، بركان ، زلازل) وتوفر فرص انتقال الى مناطق اوفر غذاءاً وايواءاً .

وتتباين مجالات التوطن في الحجم بالنسبة للحيوانات المختلفة وبصورة عامة يكون للحيوانات الاكثر حركة والاكبر حجماً مجال توطني اكبر قد يصل في كثير من الأحيان لعدة اميال مربعة ، فالذئاب والضباع والثعالب مثلاً يصل مجال توطنها الى ٥ اميال مربعة او اكثر بينما لا يزيد مجال التوطن للفئران البرية عن فدان . وتتنقل الذكور عادة في مجالات اوسع من الاناث ، الا ان امتداد مجالات التوطن يتغير تبعاً للدورة التكاثرية وموسم الامطار وتوفر الطعام . وهناك بعض الحيوانات الرحالة بطبيعتها كانواع من الايل والاسماك البحرية اذ تتحرك باستمرار ولا تستقر في حدود معينة ، وعلى الرغم من ذلك قد تبقى هذه الحيوانات في منطقة معينة لعدة ايام وبالتالي يربط هنا مجال التوطن بالزمن . فعلى سبيل المثال يمكث سنجاب الارض مدة شهر في مجال توطن معين ثم يقوم بتغيير هذا المجال ، ويكون مجال التوطن للطيور هو مسير هجرتها من موطنها الشتوي الى موقع التكاثر والعودة غير انها قد تغيره من سنة

لاخرى. ويقاس مجال التوطن من قبل علماء البيئة بعدة طرق نأخذ منها طريقتين :

١ – اذا كان الحيوان نهاري النشاط Diurnal activity فيمكن مراقبته وتحديد تجواله خلال فترة زمنية وتأشير المناطق التي يزورها تكراراً ومن ثم ترسم الحدود التي مرّ منها الحيوان وتقاس المسافات ، وفي هذه الطريقة يمكن ان نعرف موقع التوطن ومركز النشاط ايضاً .

٢ – اذا كان الحيوان ليلي النشاط Nocturnal activity يمكن لنا تقسيم المنطقة المدروسة الى مربعات ذات مساحات محدودة ووضع مصائد (تناسب حجم الحيوان) على شكل شبكة محدودة الابعاد لصيد الحيوان ، وتؤشر الحيوانات المصطادة (باستخدام صبغة غير ضارة بالحيوان او وضع مشابك بالآذان اوالحوافر) لكي يسهل التعرف عليها عند اصطيادها مرة اخرى . وفي معظم الاحيان تُرقّم المصائد ويوضع رقم المصيدة التي تصطاد حيواناً على بطاقة تسجيل الحيوان نفسه حيث يعرف لاحقاً مكان المصيدة المحدد ضمن الشبكة ، ومن ثم تحسب عدد المرات التي اصطيد فيها الحيوان الموسوم ويحدد مكان الصيد وبالتالي نحدد مجال التوطن للحيوان . وتعود اهمية مجالات التوطن للاسباب التالية :

١ – تساعد على بقاء الحيوانات حيث انها تتكيف بشكل افضل في بيئتها لانها تدوم وقتاً اطول في نفس المكان . وتساعد ايضاً على ممارسة الانشطة الحيوية الاساسية مثل التزاوج والايواء والغذاء .

٢ – التقليل من الافتراس ، حيث يترك الحيوان اثناء تجواله في مجال توطنه آثاراً وعلامات تصبح مألوفة له تساعده على الهروب من المفترسات بسرعة والاختباء بالملاجئ او مواقع التوطن البديلة المجهزة لهذا الاحتياج . وكلما طالت فترة بقاء الحيوان داخل مجال توطن معين كلما كانت له الفرصة الاكبر لمحاولة تحسين موقع توطنه وبناء ملاجئ ومواقع بديلة بالاضافة الى مسالك اضافية للهروب . وتعتمد الحيوانات بشكل اساسي على حاسة الشم في تذكر حدودها وحدود الاقاليم المجاورة اذ نجد ان الدببة تتبول ثم تتمرغ

في بولها ثم تحك نفسها بالاشجار الامامية لمجال توطنها ، ويندر ان تدخل دبية اخرى من النوع نفسه الى مثل هذه المنطقة بعد التقاطها رائحة بول غيرها .

٦ : ١٣ سلوك الاقليمية Territorialism

والاقليم هو الجزء من مجال التوطن الذي يدافع عنه الحيوان تحت الظروف العادية وكلنا يعرف ان الكلاب تنبح وتستعد لمهاجمة الغرباء حين يقتربون من فناء الدار، وهذا المكان هو اقليم هذه الكلاب الاليفة وتحب المحافظة عليه ، وتعرف هذه الظاهرة بالاقليمية Territorialism . ولابد من التأكيد هنا ان السلوك الاقليمي ليس عاماً لجميع الحيوانات فهناك الكثير الذي لا يميل لأي نوع من الاقليمية كما أن هناك بعض الانواع تؤسس نوعاً واحداً من الاقاليم ، أي اقليم تناسلي او اقليم غذائي او اقليم موقع توطن . وهناك انواع اخرى قد تؤسس عدة انماط من الاقاليم التي قد تكون موصولة او غير موصولة بمعنى انه قد يكون هناك ممرات موصلة بين الاقاليم يلزم الدفاع عنها (اقليم مستمر) او قد لا يكون هناك ممرات موصلة نظراً لبعد المسافة بين النمطين كما هي الحال مع الحيوانات كثيرة الحركة كالطيور وبعض الثدييات وتكون هذه المسافة غير خاضعة للحماية (اقاليم غير مستمرة) .

ان الاقاليم بصورة اساسية عبارة عن اسلوب اجتماعي تقوم بموجبه الافراد او الازواج او الجماعات بالسيطرة على بقعة معينة ويكون لها حقوق استغلال هذه البقعة والموارد التي تحويها . وعلى الاغلب يتم إدامة الاقاليم بعد تأسيسها بواسطة استعراضات واشارات صريحة فقد تكون هذه الاشارات بصرية او سمعية او شمية في طبيعتها . ولمعظم الاسماك استعراضات بصرية تتألف من نشر الزعانف وجعل لونها براقاً ، وبالنسبة للطيور الاقليمية فانها تقدم مجموعة من الاستعراضات الصوتية والبصرية ، حيث يؤدي الطير الجاثم اغنيته بصورة متكررة معبراً عن اعلان الاقليم . وتستخدم الثدييات مجموعة من اشارات سمعية وشمية كاستعراضات صريحة للحفاظ على الاقليم حيث يكون لبعض الرئيسات الشجرية Primates مثل قرد الجبون

Alonatta palliata اسلوب صوتي متقدم ينقل معلومات حول موقع المجموعة ويشير الى ان الاقليم محتل . وللعديد من آكلات اللحوم مثل الذئب والاسد والنمر صرخات اقليمية يمكن سماعها على بعد أميال عديدة ، كما يكون لها ايضاً اشارات شمية في غدد الشم والبول تستخدم لتأشير حدود الاقاليم حيث قد تدوم هذه الاشارات لمدة ايام او حتى اسابيع وبالتالي تعتبر فعالة اكثر من الاشارات الصوتية . ومن الجدير بالذكر ان هناك بعض الحيوانات التي لا تظهر اي نوع من الاقليمية ، وعلى سبيل المثال في رتبة الرئيسات تكون قرود الجبون اقليمية بصورة واضحة بينما تكون قرود الشمبانزي *Pan troglodytes* غير اقليمية .

ويتجه الدفاع الاقليمي للحد من النشاط الاجتماعي بصورة قاسية حيث يكون التعاون (باستثناء بين الازواج) غير موجود . ومن سلبيات الاقليمية عدم وجود دفاع مشترك من قبل الافراد ضد الحيوانات المفترسة ، كما هو الحال في الحيوانات غير الاقليمية التي تتجول في صورة قطعان او مجموعات والتي تعتمد على الاعداد الكبيرة والدفاع المشترك للحماية ضد الخسائر السكانية من الافتراس . وتحقق الحيوانات غير الاقليمية فائدة اخرى فعندما تسود درجات الحرارة المنخفضة يمكن تحاشي الخسارة المتطرفة في الافراد باستخدام حرارة الجسم الجماعية من خلال التحشد . وهناك ندرة في الحيوانات التي استطاعت ان تطور سلوكها الاقليمي جنباً إلى جنب مع التعاون الاجتماعي للاستفادة من الميزتين فهناك انواع من الطيور والقردة استطاعت ان تكوّن ما يسمى بالاقليم الاجتماعي Social territory . وتعود اهمية الاقاليم للمزايا التالية :

١ – السلوك الدفاعي داخل مناطق معينة يحدد كثافة السكان بالنسبة للنوع في تلك البقعة وبذلك يحفظ السعة الحملية للنظام البيئي ويمنع تضرر الموطن البيئي من ناحية موارده الطبيعية .

٢ – يمنع السلوك الدفاعي دهس البيض والصغار والقضاء على الموارد الغذائية . كما يزيل العراك نظراً لان الفرد سيكون على اتصال بعدد قليل نسبياً من افراد نوعه ولهذا كله قيمة بقائية للافراد وبالتالي النوع .

٦: ١٤ مراتب الهيمنة Dominance hierarchies

في حالة الاقليمية تتوزع الموارد الى حصص على اساس الحيز المكاني بان يسيطر كل فرد او زوج (ذكر وانثى) او مجموعة افراد على بقعة معينة من الموطن البيئي . وفي حالة ما يسمى بمراتب الهيمنة توزع الموارد الى حصص على اساس تفضيل فردي للحيز الفيزيائي ، حيث تكون مراتب الهيمنة عبارة عن تسلسل مرتب تحدد حرية وصول الفرد واولويته لاستخدام الموارد الطبيعية . ويكون للحيوانات المهيمنة حرية وصول تفضيلي للغذاء وللتزاوج ولمواقع التوطن ولاماكن الراحة ، وتحصل الهيمنة غالباً على اساس القوة الجسدية حيث يزاح احد الافراد من قبل فرد آخر في موقع التغذية او التناسل او الراحة . وقد تتضمن الهيمنة استعراضات او تهديدات ونادراً ما تتضمن صراعاً مباشراً الا في الصدامات الاولية حيث لم تحدد مراتب الهيمنة بعد او الحالة الاجتماعية لكل فرد . وبعد ان يتم تأسيس المراتب يتم الحفاظ عليها بواسطة الاستعراض او بواسطة الذاكرة الاجتماعية للحيوانات ، وعلى سبيل المثال بعد ان يوطد قرد الريصص Rhesus monky مرتبة عالية فانه لا يحتاج لعرض هذه المرتبة باستمرار في مجموعة اجتماعية ثابتة لم يتغير افرادها بعد . وعندما تصبح الظروف غير مستقرة من جراء الموت او الاغتراب او الاستيطان فيكون هناك اعادة توطيد علني للمكانة ضمن مراتب الهيمنة .

وترتبط الاقليمية والهيمنة بعلم بيئة الجماعة من الناحية الجوهرية لانها تمثل نظم تحكم سلوكي تؤثر بدورها على وفرة وتوزيع الحيوانات واساليب تكاثرها وانماط وفياتها . ولقد اظهرت الدراسات على الانواع الاقليمية او الانواع ذات المراتب بان الافراد عديمة الاقليم والافراد ذات المراتب السفلى تبدي نجاحاً تكاثرياً اقل ومعدلات وفيات اعلى من تلك الافراد التي تحتل اقليماً او الافراد ذات المرتبة الاعلى .

الفصل السابع

بيئة المجتمعات الحيوية

The Ecology of Biotic Communities

١:٧ مفهوم المجتمع الحيوي The concept of the community

ان تجمّع انواع مختلفة من الكائنات الحية في بيئة معينة يشكل وحدة حية نطلق عليها اسم المجتمع الحيوي Biotic community ، فمثلاً يتكون مجتمع الغابة من انواع شاهقة واخرى قصيرة وشجيرات واعشاب وحيوانات متنوعة تشمل جماعات من اللافقاريات (قواقع ، ديدان ، خنافس ، فراش) والزواحف (سحالي ، افاعي) والطيور المتنوعة والثدييات (غزلان ، قوارض ، ارانب ، ثعالب) .

ان وجود هذه الكائنات مع بعضها في وحدة حيوية متفاعلة تشكل المجتمع الحيوي ، وهنا لا تؤخذ بعين الاعتبار العوامل غير الحية ، اما اذا اعتبرت فنُطلق على هذه الكتلة المتداخلة – بالنظام البيئي .

ولا تمتلك جميع الكائنات الحية الموجودة في المجتمع الحيوي نفس الاهمية البيئية من ناحية تأثيرها في المجتمع الحيوي ، ويعتبر النوع ذو السيادة البيئية Ecological dominance هو الاهم بالنسبة للمجتمع ، حيث تدل السيادة البيئية على مدى علاقة هذا النوع في عملية تدفق الطاقة عبر المجتمع البيئي ويجزم العديد من العلماء ان النوع

السائد بيئياً هو الذي يتحكم بشكل رئيسي في مصير المجتمع ، واذا عزلناه تحدث تغيرات مؤثرة . وفي المقابل فإن عزل اي نوع آخر غير سائد قد لا يؤثر ، أو قد يكون تأثيره غيرملحوظ على حيوية المجتمع . ويعتقد بعض العلماء بأنه يمكن اعتبار الكتلة الحية Biomass كمقياس للسيادة البيئية . وعموماً لحساب السيادة البيئية يلزمنا معرفة الانواع الموجودة في المجتمع وعدد افراد كل نوع ومعرفة حجم الافراد او وزنها لنتمكن من حساب الكتلة الحية ومن ثم معرفة مدى سيطرة نوع ما على عملية تدفق الطاقة في مجتمع معين . وتعتمد طبيعة المجتمعات الحية على عاملين اساسيين :

١ – تأقلم وتكيف افراد المجتمع للبيئة الفيزيائية المحيطة .

٢ – مدى علاقة الكائنات الحية المكونة لهذا المجتمع مع بعضها البعض .

وكما للجماعات البيئية خصائصها وصفاتها ، يوجد للمجتمعات البيئية صفات خاصة بها مثل :

١ – الهيكل Structure ويطلق على هذه الصفة احياناً انماط النمو Growth forms .

٢ – التنوع Diversity .

٣ – السيادة Dominance .

٤ – الوفرة النسبية Relative abundance .

٥ – النيش (الحيز الوظيفي أو العش البيئي) Niche .

٢:٧ هيكل المجتمع الحيوي The Community Structure

ويقصد بها هنا الشكل العام للمجتمعات الحياتية وهذا الوصف ينطبق بصورة اساسية على المجتمعات النباتية حيث تتميز بالطبقية Stratification نسبة لعلوها (ارتفاعها عن سطح الأرض) ويبين الشكل (٧–١) ما يقصد بالطبقية ، حيث تعتبر كل طبقة بيئة مصغرة لكائنات حية مختلفة تتوافق معها قدرة احتمالها ومتطلباتها الحياتية . وتعرف أعلى النباتات في غابة ما بسقف الغابة Canopy والتي تكون على شكل مظلة تحمي الطبقات السفلى منها . وتعرف الاشجار الأقل ارتفاعاً بأشجار

الطابق السفلي Under story ثم تأتي بعدها طبقة الشجيرات Bushes and Shrubs واخيراً ارض الغابة أو Forest floor والتي عادة ما تكون مكسوة بالأعشاب Herba-ceous layer.

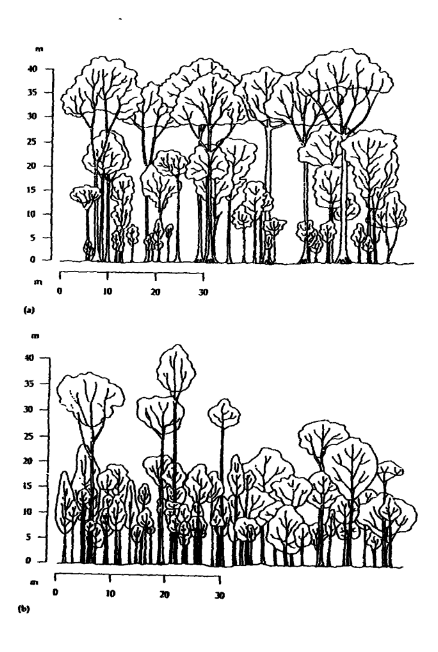
ويعتبر سقف الغابة الموقع الذي تكون فيه عملية التمثيل الضوئي في أوجها وعن طريق هذه الطبقة يتم توزيع الضوء والحرارة والرطوبة (خصوصاً في الغابات الكثيفة والمتشابكة) الى الطبقات الأخرى وتعتبر هذه الطبقة ملاذاً ومأوى للعديد من الكائنات الحية والطيور بانواعها بينما تعتبر الطبقات الثانية والثالثة مرحلة تطورية ثانوية يمكن ان تحل مكان سقف الغابة في حال تدميرها . ويعتبر العلماء ارض الغابة الموقع الرئيسي لعمليات التحلل ، وتتميز بقية الطبقات بوظائفها المتعددة ليس فقط في استقطاب المستوى الغذائي الثاني وانما في توزيع الطاقة وتداولها من طبقة غذائية الى اخرى .

وتجدر الاشارة هنا الى أن الكائنات الحيوانية التي تستقطبها كل طبقة تتغير على مدار الفصل او السنة وتتفاعل هذه الكائنات الحية مع بعضها البعض بشكل مستمر مشكلةً بذلك مجتمع حياتي قائم ذاتي التحكم ومتفاعل مع العوامل غير الحية التي تحيط به .

ومن الجدير ذكره هنا ان الشكل العام وهيكل المجتمع والمناطق الانتقالية البيئية يمكن تحديدها بالنظر والمراقبة Visual observation بينما تحتاج الصفات الاخرى مثل السيادة والوفرة الى المسح البيئي الميداني Ecological survey للتوصل الى النتائج المرجوّة .

٧:٢:١ المنطقة الانتقالية البيئية Ecotone

ان تدخل الانسان او وجود ظروف مناخية صعبة ومتباينة يحد من امتداد المجتمعات البيئية الأرضية . وتحت الظروف الطبيعية تكون الحدود الفيزيائية للمجتمعات متغيرة ، ففي بعض المجتمعات نرى حدوداً واضحة مميزة بين مجتمعين ، بينما في ظروف اخرى قد تتلاحم الحدود وتتشابك ، بحيث يصبح من الصعب وضع خط فاصل بين حدود نهاية مجتمع ما وبداية آخر ، وعوضاً عن ذلك توجد منطقة انتقال او توتر بيئي حيث تصبح الظروف لاي من المجتمعين المتجاورين اكثر حدة ،



الشكل (٧–١) الطبقية في غابتين مختلفتين (Barbour et al. 1987)

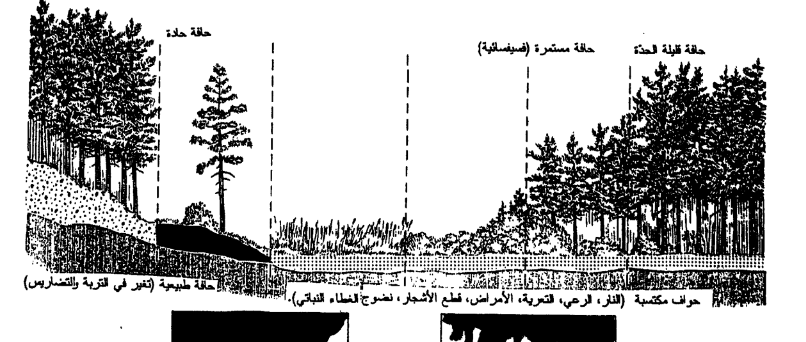
وكثيراً ما يحدث امتزاج لنوعين من المجتمعات . تسمى مثل هذه بالمنطقة الانتقالية Eco-tone وعلى سبيل المثال يوجد مناطق انتقالية بين المراعي والغابات وبين المراعي ومجتمعات الماء العذب (البرك والمستنقعات) وبين الغابات والمستنقعات وهكذا (الشكل ٧-٢) .

ومن ميزات المنطقة الانتقالية :

١ – وجود اعداد اكبر من الانواع في اغلب الاحيان نتيجة لامتزاج الانواع الاكثر تحملاً من المجتمعات الحدودية وانواع اخرى ليست متواطنة . وتعرف هذه الانواع التي تقطن المناطق الانتقالية بالانواع الحافيّة (Ecotypes) وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تأثير الحواف Edge Effect وقد تكون المناطق الانتقالية ذات حواف حادة Abrupt or high contrast edges كما هي الحال عند الانتقال من اليابسة إلى الماء حيث يكون مفاجئاً تماماً بحيث لا يسمح المجال إلا لمنطقة انتقال ضيقة للغاية . ومن ناحية اخرى قد تكون المناطق الإنتقالية ذات حواف قليلة الحدة Low contrast edges كالانتقال من اشجار شاهقة إلى اشجار أقصر في غابة وهناك أيضاً الحافة المستمرة أو الفسيفسائية Continuous or mosaic edge كما هي الحال عندما يمتزج مجتمع بصورة تدريجية مع مجتمع آخر عندئذٍ تكون منطقة انتقالية واسعة نسبياً ، ومثال ذلك بين الغابة والمراعي . وقد تنتج الحواف البيئية من تأثير الانسان في المجتمعات الحية كنتيجة للرعي الجائر والحرائق وعمليات تعرية التربة ويطلق عليها هنا بالحواف المكتسبة Induced edges اما اذا كانت الحواف بفعل الطبيعة كعوامل المناخ والتضاريس تسمى بالحواف الطبيعية Inherent edges .

٢ – تكون كثافة العديد من الانواع الحافيّة اعلى منها في المجتمعين المتجاورين وتسمى ظاهرة الميل الى الزيادة في كثافة الانواع وتباينها في . . . الانتقالية بظاهرة تأثير الحافة .

٣ – تمتاز الكائنات الحية التي تعيش في المنطقة الانتقالية بتأقلمها وتكيفها المتفوق على تأقلم وتكيف الكائنات الحية الموجودة في المجتمعات المتجاورة (الحدودية).



الشكل (٧-٢) ظاهرة تأثير الحواف في المناطق الإنتقالية (Smith , 1980)

٧:٢:٢ مبدأ اتصال المجتمعات Continuum concept

ويعني ذلك انعدام مجتمعات متميزة ذات حدود واضحة في الطبيعة وانما هناك تغير تدريجي في هيكل المجتمع الحيوي تبعاً للتغير في عامل بيئي معين كدرجة الحرارة والرطوبة او نوع التربة او الارتفاع عن سطح البحر . وقد ادخل هذا المصطلح حديثاً من قبل علماء البيئة الذين لا يجدون تغيرات او حدود قاطعة في تركيب الانواع في المناطق التي يمكن ان يظهر فيها مجتمع متصل . وقد ركزت الدراسات على مناطق المروج والغابات حيث لم تظهر مجموعات متميزة من النباتات في منطقة ما وبدلاً من ذلك كان هناك تدرج واضح من اطوار اصلية تكونت في بداية التعاقب البيئي الى اطوار نهائية (ثابتة) من انواع الذروة Climax . ولقد انتقد بعض العلماء فكرة وجود مجتمع انتقالي بالقول انه يستحيل التعرف على وجود انفصال واضح بين نوعين في منطقة انتقالية وانما نجد تدرجاً في النباتات من منطقة الى اخرى . ويرى هؤلاء العلماء ان تكوّن المنطقة الانتقالية يعزى الى الفوارق البيئية بين المناطق والذي يؤدي الى اختلاف الانواع . وقد طبقت نظرية المجتمع المتصل على مناطق جغرافية قليلة الا انها رُفضت في مناطق اخرى ، فجميع علماء البيئة على علم بالتدرجات الموجودة داخل المجتمعات الا ان درجة التباين لواحد او اكثر لهذه التدرجات البيئية هي التي تحدد فيها اذا كان مجتمعاً متصلاً او منفصلاً .

٣:٧ التنوع – قياسه والعوامل المؤثرة عليه

Diversity - measures and factors affecting diversity

ان اهم ما يميز المجتمعات الحيوية تنوعها ، أي إحتوائها على انواع عديدة من الكائنات الحية ، والتنوع بالاساس ما هو الا قياساً للتباين في المجتمعات البيئية . اذ ان تباين الانواع لمجتمع حيوي عبارة عن دالة لعدد الانواع المختلفة الموجودة فيه وبالاضافة الى ذلك يدل التباين على عدد الافراد لكل نوع والعدد الكلي لافراد جميع الانواع في ذلك المجتمع . وبافتراض ان نسبة كل نوع بالنسبة للاخر في مجتمع معين متشابهة فان واحد من القياسات الممكنة لتباين الانواع هو :

$$\text{التنوع} = \frac{\text{مجموع عدد الانواع}}{\text{مجموع عدد الافراد لجميع الانواع}}$$

فعلى سبيل المثال لو درسنا قطعة من مرعى معين وكان يحوي ٢٠ نوعاً من اللافقاريات في عينة مجموع افرادها ١٠٠ كائن حي فان التنوع كما يقاس بالمعادلة اعلاه سوف يكون ٢٠ / ١٠٠ = ٢٠٪ ومن ناحية اخرى لو وجدنا قطعة من مرعى آخر يحتوي على ٢٥ نوعاً في عينة مجموع افرادها ١٠٠ كائن حي فان التنوع = ٢٥/١٠٠ = ٢٥٪ اي ان التنوع في المرعى الثاني اكثر من الاول هذا على افتراض ان الحصص النسبية لافراد كل نوع من المجموع الكلي متساوية وهذا لا يمكن حدوثه في الطبيعة . ولقد قام علماء البيئة باستنباط معادلات رياضية للتنوع ومنها :

١ – معامل سمبسون للتنوع Simpson's index of diversity = (C)

$$C = 1 - \sum\left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

ni : عدد الافراد لكل نوع ، N : المجموع الكلي للأفراد في جميع عينة الدراسة .

٢ – دليل ماركاليف للتنوع Margalef index (دليل وفرة الأنواع = d)

$$d = \frac{S - 1}{\log N}$$

S = عدد الأنواع N = عدد الأفراد الكلي في العينة

٣ – دليل شانون للتنوع Shannon index (H)

$$\bar{H} = -\sum Pi \log pi$$

حيث Pi تمثل نسبة عدد افراد كل نوع للمجموع الكلي للافراد أي أن

$$Pi = \frac{ni}{N}$$

ويمكن ان نورد المثال التالي ، على أن ناخذ بعين الاعتبار ان هذا المثال هو للتوضيح فقط ولا يمكن ان ينطبق واقعياً وذلك لان عدد الانواع اعلى دائماً مما نتصور ونادراً ما نعرف العدد الحقيقي للانواع والافراد في المجتمع الطبيعي . لذا فان دلائل التنوع السابقة تمثل جهود رياضية صحيحة لجعل تركيب المجتمع قابل للقياس بمفهوم التركيب النوعي وبالتالي تسهيل الدراسات المتعلقة بالمجتمعات .

نفرض ان عندنا مجتمعاً يتكون من اربعة انواع (A,B,C,D) وان عدد افراد كل نوع هي (١) D ، (١٠) C ، (٢٠) B ، (٣٠) A . فان التنوع حسب معامل سمبسون :

$$C = 1 - \left[\left(\frac{1}{61}\right)^2 + \left(\frac{10}{61}\right)^2 + \left(\frac{20}{61}\right)^2 + \left(\frac{30}{61}\right)^2\right]$$

$$= 1 - [\,0.00269 + 0.0269 + 0.01075 + 0.242] = 0.62$$

والتنوع حسب دليل ماركاليف =

$$d = \frac{4\ -1}{10g61} = \frac{3}{1.785} = 1.68$$

والتنوع حسب دليل شانون يساوي

$$\bar{H} = -\left[\left(\frac{1}{61}\,10g\,\frac{1}{61}\right) + \left(\frac{10}{61}\,10g\,\frac{10}{61}\right) + \left(\frac{20}{61}\,10g\,\frac{20}{61}\right) + \left(\frac{30}{61}\,10g\,\frac{30}{61}\right)\right]$$

$$= -[\,(-0.029) + (-0.129) + (-0.159) + (-0.151)] = 0.47$$

ان العوامل المحددة للتنوع تعتمد على قساوة الظروف الفيزيائية التي تتكيف لها اشكال الحياة وكذلك نوعية البيئة (حجمها وطبيعة تضاريسها الأرضية) ونحن نعرف ان هناك بعض الظروف العامة التي تعمل في حدودها فعلياً معظم فعاليات الحياة بكفاءة كبيرة ولا يعني هذا توفر المتطلبات البيئية لكل الانواع بشكل جيد بل توفر بيئة مناسبة للعمليات الحيوية الخاصة وبالتالي ضمان العيش للعديد من الأنواع . فمثلاً عدد الانواع الموجودة في مجال حراري (٢٧-٣٢ درجة مئوية) اكثر من عدد الانواع الموجودة في مجال (صفر - ٥ درجة مئوية) . وبالتالي تكون البيئات ذات الظروف الاكثر قساوة للحياة تحوي على تنوع اقل ، لذا نتوقع بان الصحاري وقاع المحيط والمناطق القطبية والجبال المغطاة بالثلوج ذات تنوع قليل نسبياً ، ونستطيع ان نتوقع أيضاً بان التنوع في الغابات الاستوائية (دفء ، رطوبة كافية ، ضوء وفير) اكثر من اي مجتمع حياتي على سطح الارض سواء من ناحية النبات او الحيوان ، ولننظر الى الارقام التالية :

- تحوي غابات شمال كندا اقل من ١٠ انواع من الاشجار .
- تحوي غابات المنطقة المعتدلة في الولايات المتحدة على ٢٠-٣٠ نوع من الاشجار .
- تحوي الغابات الاستوائية في بنما عادة على اكثر من ١٠٠ نوع من الاشجار .

ونلاحظ ايضاً التنوع في الحيوانات يزداد كلما اتجهنا نحو خط الاستواء .

فيوجد في كندا ٢٢ نوعاً من الافاعي ، والولايات المتحدة ١٢٦ نوعاً ، والمكسيك ٢٩٣ نوعاً . وتعد نوعية البيئة عاملاً رئيسياً آخر يؤثر على تباين الانواع فنتيجة للتلوث المائي مثلاً (بواسطة مياه الصرف المنزلي ، مبيدات الافات من الحدائق ، الطمي من البناء والاسفلت والنفط من الطرق فضلات اخرى) برزت ظروف غير طبيعية تتطلب تكيفات جديدة . وتعاني بقية المجتمعات البيئية من نفس الظروف مما ادى الى تناقص انواع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية .

٤:٧ السيادة Dominance

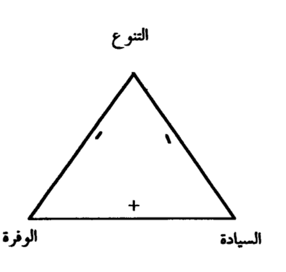
وتعتبر من الصفات البيئية التي يمكن تفسيرها او النظر اليها عبر عدة زوايا وفرضيات . ويعتقد العلماء ان المجتمعات الحياتية التي يسيطر عليها « نوع » أو عدة أنواع » قادرة على التعامل والتفاعل مع الوسط الخارجي لذا تسمى هذه الانواع المُسيطرة بالكائنات السائدة Dominants وتشعبت الآراء المختلفة حول تحديد النوع السائد فهل :

١ – النوع السائد هو الاكبر حجماً ؟ مثل الاشجار الضخمة العالية .

٢ – النوع السائد هو الذي يحتوي على وزن حي اكثر ؟

٣ – النوع السائد هو الاكثر عدداً .

٤ – ام هو النوع الذي يساهم في انسياب الطاقة من مستوى غذائي الى آخر بكفاءة اكبر ؟ وتوجد عدة نظريات من قبل علماء بارزين لدعم كل نقطة من هذه النقاط والجدال والمناظرة لا يزال قائماً في الابحاث والكتب البيئية المتعددة .



ومن اهم المساهمات التي لها اثر في تفعيل اهمية السيادة ما اقترحه العالم Odum 1969 بان السيادة تتناسب تناسباً طردياً مع الوفرة Abundance وعكسياً مع التنوع ، ووضع هذا التصور على شكل مثلث سُمي باسمه معطياً دلالة واضحة على ان الانواع التي تتميز بوفرة عالية (موجودة بكثرة) هي الانواع السائدة – اي انه كان من مؤيـدي التوجـه الذي يربـط السيـادة بالعـدد . ووافقـة العديـد من العلمـاء ، حيث وصـف نـوع

من المرجان انه السائد نسبة لوفرته وتعداده المرتفع في احدى المجتمعات البحرية .

وعارض هذا التوجه علماء آخرون ينتمون إلى مدارس بيئية مختلفة ، حيث انهم اعطوا ثقل السيادة للانواع التي تتميز بوظائف معينة في المجتمع ومن أهمها كفاءة نقل الطاقة من مستوى غذائي إلى آخر Effeciency of energy transfer حيث يعتقد هؤلاء العلماء ان النوع يمكن ان يكون اكثر عدداً في مجتمع ما ولكن كفاءته في نقل الطاقة متدنية (او اقل من انواع اخرى) فلا يجوز اعتباره سائداً .

ويعتقد آخرون ان النوع السائد هو النوع الذي يقلل من التنافس ما بين الانواع عن طريق الافتراس Less competition through predation وهذا يُعتبر نوع من التحكم بالمجتمعات عن طريق اتزان النظم البيئية Control through stability .

ويوجد توجه آخر وهو ان النوع السائد هو الذي يستغل المكوّنات الغذائية والعوامل اللاحية بشكل افضل من غيره (مثل الغذاء ، الحرارة ، الرطوبة وغيرها) وبالتالي يعتبر هذا النوع هو الاقدر على الاستمرارية في حال تعرض المجتمع لمؤثر بيئي معين وبالتالي هذا النوع هو السائد . واجتمع العلماء على اهمية توحيد الاراء المختلفة حول السيادة مع العلم ان العامل المشترك ما بين التوجهات المختلفة هو ان النوع الذي سيعتبر سائداً هو نوع مهم Important لحياة المجتمع البيئي . وظهر مفهوم القيمة الهامة (Importance Value) لتحديد النوع السائد خصوصاً حين اقترح Smith, (1980) ان تكون هذه القيمة محتوية على ثلاث معايير هي : الكثافة النسبية ، التردد النسبي والسيادة النسبية حيث يتم قراءة وتحليل كل معيار إحصائياً على النحو التالي :

– الكثافة النسبية Relative density للنوع أ = $\frac{\text{عدد افراد النوع أ}}{\text{مجموع عدد الافراد للانواع الاخرى}} \times ١٠٠$

– التردد النسبي Relative frequency للنوع أ = $\frac{\text{قيمة التردد الاصلية للنوع أ}}{\text{مجموع قيم التردد للانواع الاخرى}} \times ١٠٠$

– السيادة النسبية Relative dominance للنوع أ = $\frac{\text{المساحة القاعدية للنوع أ}}{\text{مجموع المساحات القاعدية للانواع الاخرى}} \times ١٠٠$

بينما اقترح (1987) Barbour ان تكون هذه القيمة عبارة عن مجموع المعايير الثلاث التالية : الغطاء النباتي النسبي ، الكثافة النسبية والتردد النسبي .

ويعتبر الغطاء النسبي هو ما يغطيه نوع واحد (في مساحة محدودة) نسبة لبقية الانواع وتقاس بالنسبة المؤية . فنقول ان النوع كذا يُغطي ١٪ من نسبة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة . اما الكثافة النسبية فتقاس على انها كثافة النوع نسبة الى كثافة باقي الانواع ، والتردد هو النسبة المئوية لتواجد النوع في اكثر من موقع محدد نسبة لتواجد (تكرار) بقية الانواع .

اذاً القيمة الهامة (نسبة إلى Barbour , 1987) لتحديد السيادة تتألف من

الغطاء النسبي + الكثافة النسبية + التردد النسبي

وحيث ان لكل منهم تدرج من صفر – ١٠٠ فيكون مجموع القيم الثلاث محدداً بتدرج من صفر – ٣٠٠ وقد تم إختصار هذا التدرج ليصبح من صفر – ٣ .

وبناء عليه يمكن تصنيف الأنواع حسب القيمة الهامة كالتالي :

صفر – ١ انواع نادرة (Rare)

١–٢ انواع موجودة (Present)

٢ – ٣ انواع متوفرة = (سائدة) (Abundant or Dominant)

وبذلك يتفق العلماء بأن اهمية هذا « المُعامل » هي في اختصار الفروقات ما بين التوجهات المختلفة المتعلقة بتحديد النوع السائد على اساس « اهميته » في النظام البيئي والمجتمعات الحياتية آخذه بعين الاعتبار ثلاث معايير اساسية وقيّمة . وبناء عليه توضع اسماء النباتات مثلاً في قائمة تبدأ بالنوع الذي يتميز بالقيمة الهامة Importance value الاعلى فالادنى وهكذا ...

وتسمى المجتمعات وخصوصاً النباتية منها على اساس السيادة ويمكن ان يكون في مجتمع نباتي ما نوعان متقاربا السيادة فتسمى المجتمعات على اساسه . ومثالاً على ذلك نقول ان المجتمع الغابي لغابات دبين – في شمال الأردن – تسود فيها اشجار الصنوبر *Pinus* والبلوط *Quercus* حيث يسمى حسب الرابطة البيئية Ecological

assosiation بينهما وعند وضع النوع الأول في المقدمة يعرف الباحث ان الصنوبر هنا هو السائد الرئيس والبلوط هو السائد الثاني .

٥:٧ النيتش (الحيز الوظيفي ، العُش الوظيفي) Niche

تعتبر هذه الصفة من مميزات المجتمعات الغاية في التعقيد ومن الصعب إيجاد مرادف بكلمة واحدة يوضح مفهوم النيتش . حيث تحتوي المراجع على الوصف العام لمفهوم (النيتش) .

وتعتبر هذه الميزة للمجتمعات من الظواهر الهامة جداً لذا كان من الضروري سرد آراء وتوجهات العلماء والمدارس البيئية المختلفة للتوصل الى تفسير افضل لهذه الظاهرة :

١ – كان من اوائل العلماء الذين طرحوا فكرة او صفة العش الوظيفي هو عالم الطيور المعروف (1928 ,1924 ,1917) Joseph Grinnell واعتبر العش الوظيفي كجزء من الوسط المحيط يحتله كائن حي مُعين تتوافق قدرته الاحتمالية Tolerance ability وصفات هذا المكان . ولاحقاً اعتبر علماء آخرون ان ما يتحدث عنه Grin-nell هو الموطن Habitat وليس العش الوظيفي .

٢ – في عام ١٩٢٧ ظهر Charles Elton بمفهوم آخر : وهو الحيز الذي يشغله الكائن الحي على ان يتمكن من اظهار دوره الوظيفي في الطبيعة واعتقد Elton ان اهم وظيفة لهذا الكائن الحي هو حماية نفسه من انواع اخرى وايجاد الطعام اللازم لاستمراريته . اي ان هذا الحيز مناسب من ناحية المأوى وتوفر المادة الغذائية فقط .

٣ – وفي عام ١٩٥٩ دفع Hutchinson بمفهوم اوسع للعش الوظيفي ، ويعتقد العلماء بانه نجح في إعطاء صورة افضل لهذا المفهوم المعقد والهام ، حيث اعتبر هذا العالم ان العش الوظيفي هو حيز في مكان بيئي معين تتداخل وتتوافق فيه جميع العوامل الحياتية وغير الحياتية بشكل يمكّن الكائن الحي الذي يشغل هذا الحيز من ممارسة وظيفته في النظام البيئي وقال ان العش الوظيفي هو اصغر وحدة مساحية تتوفر فيها

جميع متطلبات الكائن الحي فمعنى ذلك ان العوامل اللاحية (من تأرجح درجات الحرارة ، الرطوبة ، الضوء وغيرها) تقع ضمن الحدود المثالية وضمن التدرج المرغوب. وينطبق الحال ايضاً بالنسبة للعوامل الحية (من توفر الغذاء ، قلة التنافس ، قلة وجود مفترسات اخرى) حيث يجب ان تلبي احتياجاته من الوسط الدقيق الذي يعيش فيه . ووصف Hutchinson كل عامل من هذه العوامل « بالمتغيرات » variables واعتقد بانه اذا خرجت هذه المتغيرات عن التدرج المثالي للكائن الحي، يُصبح هذا الحيز غير ملائم لذا يجب ان يجد عُشاً آخر يفي باحتاجاته ليتمكن من القنص والافتراس وممارسة دوره الوظيفي في النظام البيئي .

٤ – وظهر في عام ١٩٧٣ Whittaker وآخرون أيدوا فكرة Hutchinson ولكن ما اضيف هنا ان مفهوما الموطن والعش الوظيفي يجب أن يكونا متقاربين ولا مانع علمياً ان يصار النظر الى الموطن بالمفهوم العريض انه عنوان الكائن الحي Address (وهذا ما اقترحه Odum سابقا عام ١٩٥٩) والعش الوظيفي جزءاً من الموطن حيث تتوفر وتتفاعل المتغيرات التي سبق وان وصفها Hutchinson سابقاً .

٥ – ووصف Pianka عام ١٩٧٨ – وهو عالم البيئة التطورية المعروف – العش الوظيفي انه افضل ما يستطيع أن يصل اليه الكائن الحي من ناحية تكيفه وتأقلمه لأصغر وحدة وظيفية في البيئة .

ويقسم العش الوظيفي في الطبيعة الى قسمين رئيسيين :

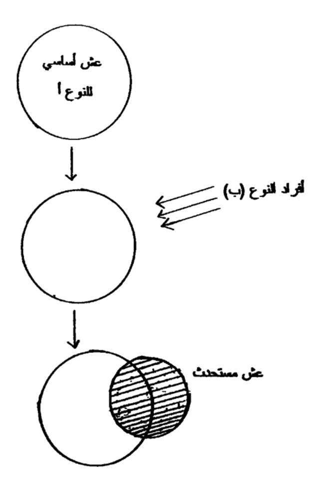
١ – العش الاساسي Fundamental Niche

٢ – العش المستحدث Realized Niche

والفرق بينهما ان العش الأساسي هو الحيز الدقيق الذي يشغله نوع واحد فقط من الكائنات الحية وهنا يعتقد العلماء بوجوب غياب التنافس ما بين هذا النوع والانواع الاخرى .

ومن المعروف ان التنافس حركة ديناميكية ومن صفات المجتمعات الحياتية وسيبقى العش الاساسي حراً لفترة معينة من الزمن ولابد ان يأتي وقت يغزو هذا الحيز كائن حي آخر يطلب نفس الصفات والمتغيرات التي يحتويها العش الاساسي . فيعُم التنافس ما بين النوع (أ) والنوع (ب) – على سبيل المثال – ويحتل الاقدر منافسة الحيز

الاصلي (العش الاساسي) اما النوع الآخر المطرود – لنفرض ب هنا – فانه يكوّن عشا خاصاً به على حواف العش الأساسي فيسمى بالمستحدث Realized niche من هنا نستطيع القول ان العش المستحدث هو نتيجة التنافس الذي حصل ما بين النوعين أ و ب ويبقى النوع (ب) قريباً من العش الاساسي نظراً لتوافق قدرته ومتغيرات العش نفسها وهذا المفهوم يطابق تماماً فرضية العالم الفرنسي (1934) Gause والمعروفة بالاقصاء التنافسي Competitive Exclusion والتي تفيد انه لا يمكن لنوعين ان يُشغلا نفس الحيز ويقصد هنا بالحيز هو العش الأساسي ، دافعاً بذلك اهمية التنافس في حركة وتوزيع وانتشار الكائنات الحية .



الشكل (٧–٣) العش الأساسي والمستحدث عند وجود التنافس بين النوعين (أ) و (ب)

ويعتبر العش المستحدث ، لفترة ما من الناحية الهيكلية ، عُشاً اساسياً لاشغاله نوع واحد وهو (ب) في الشكل السابق ولكن لا يبقى الحال على ما هو عليه حيث يستقطب العش المستحدث انواعاً اخرى مثل (جـ) مثلاً فيحصل التنافس ويتم اقصاء النوع الاقل قدرة ليكوّن عشاً آخر مجاور ... وهكذا في حركة ديناميكية يعتبرها علماء الجغرافيا الحيوانية القوة الدافعة لانتشار وتوزيع الكائنات الحية Dispersal of organisms .

وبناء على ما ذكر فان الطبيعة تفرض العشِ المتداخل Niche Overlap وخصوصاً عندما يتنافس نوعين على مصدر غذاء معين . ويوجد في النظم البيئية والمجتمعات الانماط المتداخلة التالية (الشكل ٧-٤) .

١ - التداخل المتكافئ : الذي يحصل بنسب متكافئة بين نوعين وهذا التداخل (المنطقة المظللة) يحتل نسبة متساوية من الحيز الاساسي في كل عش .

٢ - التداخل غير المتكافئ : الذي يحصل بنسب غير متكافئة من الحيز الاساسي من العش وهنا اذا كان النوع (ب) اكفأ تطورياً فانه يستطيع ابعاد (النوع (أ) نهائياً.

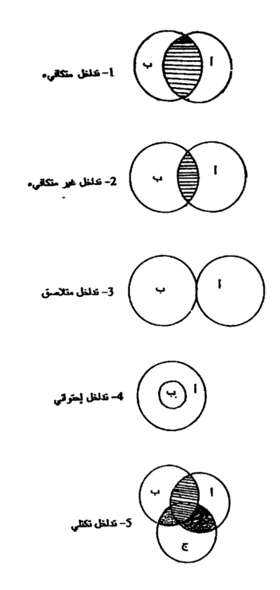
٣ - التداخل المتلاصق حيث يكاد يكون التنافس معدوماً .

٤ - التداخل الاحتوائي حيث يصعب على النوع (أ) التوسع والانتشار بينما تكون فرصة (ب) اكبر وغالباً ما يتم طرد (اقصاء) النوع (ب) الى حواف العش الأساسي ليكوّن تداخلاً متكافئاً .

٥ - ويمكن ان يكون التداخل ما بين عدة انواع - وهذا الشائع في المجتمعات البيئية حيث يكون التنافس على اشده في المناطق المظللة .

ومن ناحية اخرى يشير العلماء الى ان ظاهرة التداخل يمكن ان تكون مؤقتة في حال ان النوعين المتنافسين ليسا متكافئين في القدرات فنرى ان النوع (أ) في الشكل (٧-٥) اكثر لياقة Fitness من النوع (ب) .

وتعني اللياقة هنا ان باستطاعة النوع (أ) اقصاء (ب) بطرق تنافسية مختلفة وبالتالي يتخلص من التداخل بينهما . او يمكن ان يحدث وان يتخلى النوع (أ) لمنافسة النوع (ب) عن الغذاء المُتنافَس عليه ويتجه بفعل لياقته العالية في البيئة الى نوع آخر من الغذاء ، فيقلل التنافس وبالتالي تقل منطقة التداخل بيهما حتى تتلاشى وتسمى هذه الظاهرة إزاحة العش البيئي Niche Shift .



الشكل (٧-٤) أنماط التداخل في الأعشاش البيئية Niches بين الأنواع (أ) ، (ب) ، (ج) .



الشكل (٧-٥) إزاحة العش الوظيفي بين النوعين (أ) و (ب)

ويشير العلماء ان العش يمكن ان يكون ذا قاعدة عريضة ويسمى بالعش العريض Wide niche او قاعدة ضيقة Narrow niche اي ان مجموع «المتغيرات» التي اشرنا اليها سابقاً يكون مداها عريض او ضيق فيسمى العش تباعاً . واخيراً يُصار الى وصف إنحصار العش نتيجة للتنافس الشديد بتقلص العش البيئي Niche compression ، أما الحيز الوظيفي الذي يزيد من استغلال المساحات المجاورة لغياب او قلة التنافس فيشار له بالانطلاق البيئي Ecological release.

١:٥:٧ المتكافئات البيئية Ecological equivalents

قد تستوطن انواع مختلفة من الكائنات عدداً من المناطق ذات التكوين البيئي المتشابه (لها نفس المتغيرات البيئية) ولكنها تعيش في مناطق متباعدة . وتسمى تلك الكائنات التي تتواجد تحت ظروف بيئية مماثلة وتسكن اعشاش بيئية متماثلة في مناطق جغرافية متباعدة بالمتكافئات البيئية Ecological equivalents ويضرب مثال نباتات الصبار المتواجدة في مناطق صحراوية مختلفة من العالم تحت ظروف بيئية متشابهة .

وتتكون انظمة بيئية متشابهة عندما تتوفر مواطن بيئية متشابهة في مناطق مختلفة من الكره الحية . ونتيجة لتشابه المناطق البيئية من ناحية فيزيائية ومن ناحية الظروف البيئة المحيطة فإنه يتكون تباعاً أعشاش بيئية متشابهة .

٢:٥:٧ الصفات المُزاحة Character displacements

ونتيجة للتنافس الداخلي بين الجماعات على الموارد الغذائية والفراغ المكاني والموارد البيئية الاخرى المتوفرة في منطقة بيئية معينة (الاعشاش الوظيفية) ينتج نوع من التواجد التعاوني Coexistance بأن يستخدم كل نوع من الكائنات الحية عشاً بيئياً مختلفاً يقلل من تنافسه مع الكائن الاخر (انظر الشكل ٧–٥) وقد بين العالم داروين مثالاً حقيقياً على تشعب الاقاليم حيث تحدث عن مجموعة من العصافير ، حيث انتقلت بطريقة ما عبر مدى واسع من البحر الى مجموعة معزولة من الجزر ، وهذه العصافير عبارة عن ١٣ نوعاً تعيش في جزر جالاباجوس ونوع واحد يستوطن جزيرة كوكوز التي تقع على بعد ٣٠٠ ميل في اتجاه الشمال الشرقي من منطقة جالاباجوس . فهذه العصافير منها ما يمارس دوره الوظيفي على الأرض ومنها ما يمارسه على الاشجار، الا انها جميعاً تتباين من حيث حجم الجسم وحجم وشكل المنقار تبعاً لدورها الغذائي فمنها ما يتغذى على الحشرات ومنها ما يتغذى على البذور ومنها ما يتغذى على الكمثرى الشوكية . وآكلات الحشرات منها ما يمارس دوره الغذائي في

المستنقعات ، ومنها ما يمارسه على الاشجار (حيث يكون له منقار يشبه منقار طير نقار الخشب إلا انه لا يملك لسان طويل لالتقاط الحشرات فاستعاض عن ذلك عن طريق حمل شوكة صبير او عود صغيرة في منقاره يستطيع ان يخرج بها الحشرات) . وآكلات البذور تمارس ادوارها الوظيفية في مناطق مختلفة حيث تتغذى على انواع مختلفة من البذور . وبالتالي فان العصافير بمرور الوقت تشعبت الى مختلف الاعشاش البيئية المتوفرة في المنطقة بأن تكيفت شكلياً وفسيولوجياً مع الحفاظ على دورها الوظيفي (مركزها البيئي في المجتمع) وتعرف مثل هذه الظاهرة باسم الصفات المُزاحة Character displacements .

٦:٧ تسمية وتصنيف المجتمعات الحيوية

Naming and classification of biotic communities

تسمى المجتمعات الحيوية نسبة الى العوامل التالية :

١ – الطبيعة الفيزيائية للمجتمع كأن نقول مجتمع الشواطئ الرملية ومجتمع البرك المائية ومجتمع الكثبان الرملية وهكذا .

٢ – الناحية التركيبية للمجتمع كأن نعطي الاسم بناءاً على النوع السائد او اشكال الحياة الموجودة في المجتمع ، كأن نقول مجتمع غابات الصنوبر او مجتمع الديدان في شجرة بلوط وهكذا .

٣ – الدور الوظيفي كأن نعطي الاسم بناءاً على معدل البناء الغذائي او الانتاجية كان نقول مجتمع ذو انتاجية ١٠غم/م٢/يوم . وحديثاً يركز علماء البيئة على هذا النوع من التسمية على اساس ان المواطن البيئية تتغير من ناحية فيزيائية مع الزمن. كما ان الناحية التركيبية للمجتمع تتغير اذ قد يكون نوع معين سائد في فترة ما ونوع آخر في فترة اخرى . والاهم من ذلك كلة ان التسمية اعتماداً على فيزيائية الموطن او التركيب النوعي لا يمكن ان تُعتمد اذا اردنا ايجاد تسمية شاملة لمجتمعات الكرة الارضية حيث تختلف المواطن البيئية المائية عن اليابسة وكذلك انواع الكائنات الحية . بينما يكون من الأجدر استخدام الانتاجية كعامل يمكن حسابه في جميع المجتمعات وبالتالي ايجاد الفرق بين مجتمع وآخر. وتصنيف المجتمعات يتدرج في مجال واسع ، حدّه الاعلى مجتمع الكرة الحية ككل وحدّه الادنى المجتمع الذي يتكون من كائن حي واحد فقط ، مثل الشجرة التي يسكنها العديد من انواع الفطريات والبكتيريا

والاوليات والحشرات وبعض انواع الفقاريات .

وفكرة تقسيم المجتمعات الحية الكبيرة الى مجتمعات بيئية صغيرة ما زالت تواجه معارضة من قبل بعض علماء البيئة ، الا ان البعض الآخر طالب بهذا التقسيم على اساس تسهيل دراسة المجتمعات من قبل الباحثين . لذا يمكن القول ان مجتمع الكرة الحية Global community هو عبارة عن كتلة ضخمة من الحياة تضم جميع النباتات والحيوانات التي في العالم ، ويمكن تقسيمه الى : مجتمعات قارية Continental communities والتي تعني جميع النباتات والحيوانات التي تعيش في قارة معينة ، ومجتمعات محيطية Oceanic communities وتعني جميع الاحياء الموجودة في محيط معين . ومن المحيط او القارة يمكن دراسة مجتمع اصغر وهو المجتمع الاقليمي Regional community كأن نقول مجتمع البحر الاحمر ومجتمع الربع الخالي ومجتمع منطقة البحر الابيض المتوسط . وقد نقوم بدراسة جزءاً صغيراً من هذا المجتمع مثل دراسة الغابات او المراعي الموجودة داخل المنطقة الاقليمية ويسمى هذا المجتمع بالمجتمع العشائري Associational community . والمجتمع الاصغر من ذلك هو مجتمع المجموعة الخضرية Stand كأن ندرس غابة من عدة غابات او مرعى معين وهنا يستطيع عالم البيئة ان يلاحظ ويقيس هذا المجتمع بشكل مباشر . اما المجموعة الخضرية الدقيقة Microstand فهي عبارة عن منطقة محددة صغيرة داخل المجموعة الخضرية كدراسة نبات او حيوان بمفرده بما يصاحبه من طفيليات ونباتات عالقة وكائنات متعايشة.

٧:٧ التغيرات في المجتمعات البيئية Community changes

التعاقب البيئي Ecological succession

تشمل المجتمعات الحيوية مجتمعات نباتية ومجتمعات حيوانية . والمجتمعات النباتية هي الوحدات الطبيعية التي تظهر وتنمو وتنضج تبعاً لتأثير التعاقب البيئي ، والذي يعني النمو التدريجي للغطاء النباتي (وبالتالي المحتوى الحيواني) نتيجة توالي عدة مجتمعات نباتية ذات متطلبات بيئية على نفس الموقع .

فالتعاقب يتضمن سلسلة من أنماط مجتمعات تبدأ من اطوار رائدة Pioneer stages على مساحات ارضية قاحلة لا خصوبة فيها (كثبان رملية ، صخور ... الخ) ثم يتدرج من مرحلة الى اخرى ، ويدعى كل مجتمع في السلسلة بالطور

التسلسلي Sere. وهناك مراحل انتقالية بين كل مجتمعين متتاليين تعرف بالمراحل التسلسلية Seral stages ويطلق على المجتمع النباتي النهائي بالذروة Climax . ومن الناحية النظرية يكون مجتمع الذروة في حالة اتزان مع البيئة المحيطة فهو عبارة عن محصلة مجتمعات صغيرة متنوعة نتج عنها وصوله الى حالة ثابتة من الاتزان البيئي . ان ما يحدث للنباتات اثناء التعاقب باتجاه الذروة يحدث ايضاً للحيوانات ويحدث ايضاً للتربة بحيث يُناسب المجتمع الحيواني ونوع التربة في طور تسلسلي معين المجتمع النباتي الموجود آنذاك . ويمكن ان نتحدث عن التعاقب على انه عملية منتظمة وموجهة من البيئة المحيطة ويمكن التنبؤ عن حدوثها ويكون لها الخصائص التالية :

١ – ان السلاسل الغذائية تكون في بداية التعاقب بسيطة وتسيطر عليها آكلات الاعشاب ثم تصبح معقدة اكثر فاكثر وتأخذ المستهلكات ادوار معقدة اكثر فاكثر وكذلك المحللات .

٢ – تكون الانتاجية الابتدائية الصافية عالية نسبياً في المراحل الاولية للتعاقب وتكون منخفضة نسبياً في المراحل النهائية للتعاقب ، وتكون نسبة الانتاجية الابتدائية الاجمالية الى التنفس اكبر من واحد صحيح في مرحلة المجتمعات الرائدة ثم تتجه النسبة نحو واحد صحيح في المرحلة الذروة .

٣ – تزداد نسبة المادة العضوية المتراكمة في التربة عبر التعاقب كنتيجة لزيادة الكتلة الحية .

٤ – يزداد التنوع في النباتات والحيوانات كلما اتجهنا نحو الذورة .

٥ – تزداد استقرارية المجتمعات (مقاومة التغيرات الخارجية) كلما اتجهنا نحو الذروة .

٦ – يزداد التخصص في استعمال الأعشاس البيئية Niches من قبل الحيوانات مما يجعلها تزداد في العدد كلما اتجهنا نحو الذورة .

ويمكن ربط التعاقب البيئي بتدفق الطاقة في المجتمع الحيوي او النظام البيئي حيث تتغير الانتاجية خلال التعاقب البيئي، فتكون الانتاجية الابتدائية الصافية عالية في المجتمعات غير الناضجة ثم تنخفض مع تقدم المجتمعات باتجاه الذروة . وهذا يدل على ان حيوانات ونباتات مجتمعات الذورة تكون كبيرة الحجم وتقطن مراكز بيئية متنوعة ولها سلاسل غذائية معقدة وان ما يحدث من نمو للانسجة في بعض الكائنات يستهلك من قبل كائنات اخرى مؤدياً الى نوع من التوازن بين الطاقة الداخلة الى المجتمع الذورة

والطاقة الخارجة منه .

١:٧:٧ انماط التعاقب البيئي Patterns of Succession

أ – التعاقب الاولي Primary Succession

وهو عبارة عن التعاقب الذي يحدث على ارض لم يسبق ان سكنها نباتات او حيوانات ، وتكون ايضاً خاليا من المواد العضوية مثل سطح الصخور التي تظهر بعد اندفاعها من باطن الارض ، او عند ارتفاع الترسبات من الكائنات البحرية في مستنقع او بركة لتصل الى سطح الماء مشكلة سطح بدائي من يابسة ، او في الحمم البركانية التي بردت حديثاً ، او في بعض المناطق الرملية التي تراجع عنها البحر او في حالة الكثبان الرملية المتكونة من تجمعات الغبار التي تحملها الرياح وترسبها في منطقة ما وغير ذلك .

ويمكن توضيح التعاقب الاولي بالمثال التالي : تبدأ العمليات الفيزيائية والكيميائية بتعرية الصخور مكونة طبقة هشة تسمى بالمادة الاولية Parent material كما تحدث بعض التشققات داخل الصخر وهنا تقوم الاشنات Lichens بغزو هذه الصخور حيث يمكن امتصاص الاملاح المعدنية ، وترافقها انواع من المحللات لتتغذى عليها عند موتها ، وتسمى الاشنات هنا بالكائنات الحية الرائدة Pioneer species وقد توجد بعض الحيوانات كالنمل والعناكب التي تغزل خيوطها داخل شقوق الصخور . وتتعرض هذه الانواع الرائدة الى ظروف بيئية خشنة من تطرفات حرارية صيفاً وشتاءاً والى عدم استقرار بيئي يؤدي الى طرد الكائنات الحية الرائدة او الاشنات ، ويكون ذلك بعد ان تكون الاشنات قد فتتت الأرضية الصخرية بواسطة الاحماض الناتجة عنها، وتبع ذلك تراكم بسيط لذرات الغبار تصلح لعيش انواع من الحزازيات Mosses بشكل متناثر ، وتزداد انواع الحيوانات مثل حشرات السوس والعناكب الصغيرة وكذلك انواع من المفصليات . ومع اتساع الحزازيات تتجمع تربة اكثر وتقوم بتثبيت جزء كبير من التربة المحمولة بواسطة الرياح كما يضاف عليها مواد معدنية تتسرب من الخضرة السطحية . والمتطلبات البيئية التي تكونت بفعل الحزازيات تصلح لنمو بعض الحشائش ثنائية الحول Biannuals . وتزداد الديدان والحشرات وتجد في الحشائش اماكن توالد وحماية لليرقات ثم تظهر حشائش اكثر ثباتاً بعد ان تكون اجزاء من الصخرة قد تفتت وتناثرت واختلطت بالتربة المحيطة .

وبعد ان تستقر الحشائش تظهر الشجيرات وما يصاحبها من حيوانات فقاريه كالقوارض والزواحف والارانب ، ثم تكون الظروف مناسبه للنباتات الخشبيه فتبدأ بادرات الاشجار الصغيره Seedlings ومن ثم الاشجار الكبيره . وتتنوع الحيوانات فنجد انواع عديده من الطيور والزواحف والثدييات والبرمائيات واللافقاريات (حشرات ، عناكب ، عقارب ، ديدان) ويكون هذا هو مجتمع الذوره Climax . ويستطيع هذا المجتمع ان يحفظ نفسه لفترة طويله اذا لم تتدخل الكوارث الطبيعيه او الانشطه البشريه . ويمكن للمرء ان يرى على بروز صخري جميع الاطوار التعاقبيه داخل منطقة صغيره نسبياً وقد يكون المجتمع الذوره عباره عن غابات كما في المناطق الجبلية وقد يكون شجيرات واشجار قصيره كما في الصحراء .

ب – التعاقب الثانوي Secondary succession

يحدث التعاقب عند تهديم المجتمع الذوره او عند تراجع الغطاء النباتي وهو في مرحلة متقدمة نسبياً من مراحل التعاقب الاولي وينتج هذا عن :

١ – الكوارث الطبيعيه (النار ، الفيضانات ، الجفاف ، الرياح السريعه ، الامراض) .

٢ – الضغوط البشريه (الزراعه ، الصناعه ، العمران ، التلوث) .

وفي هذه الحاله تسمح التربه العاريه تقريباً بنمو نبات جديد اكثر تطوراً من النبات الذي يغزو الارض العاريه الاصليه (التعاقب الاولي) وبذلك تنقص عدد مراحل هذا التعاقب للوصول الى الذوره ففي المرحله الاولى تغزو المنطقة الاعشاب الرعويه Weeds التي تستطيع تحمّل شروط قاسيه من الحياه وتكون مرنه جداً من حيث متطلباتها البيئيه ، وبعد ذلك تحل الشجيرات محل الأعشاب وبعد فترة من الزمن تزداد خصوبه التربه وتعود الاشجار الاصليه بالنمو التدريجي حتى تصل مرحلة الذروه . ومع هذا التغير في الغطاء النباتي يحدث تغيراً في نوعية وكثافة الحيوانات ويحدث تغيراً في التربه حيث ازدياد تراكم المواد العضوية كلما اتجهنا نحو الذروه .

ويطلق على التعاقب الاولي اسم التعاقب التقدمي ايضاً اذ انه يدل على تقدم الغطاء النباتي باتجاه المجتمع الذروه ، اما التعاقب التراجعي فهو ابتعاد الغطاء النباتي عن الذروه تحت تأثير عوامل التخريب المختلفة مثل الحرائق والرعي الجائر والاستثمار السيء فيقال ان الغابه تتدهور وهذا عاده ما يحدث من قبل الانسان . وقد يثبت مجتمع ما رغم هذه العوامل ويسمى هذا المجتمع بمجتمع النكسه Disclimax خصوصاً اذا كانت هذه العوامل دوريه ومستمره ، ومن الامثله على ذلك مجتمع غابات الصنوبر طويل الاوراق *Pinus palustris* الممتدة في جميع نواحي الجزء الجنوبي الشرقي من الولايات المتحدة ، ويبقى هذا النوع من الاشجار بسبب الحرائق الطبيعيه المتكرره والناتجه عن البرق اثناء فترات الجفاف حيث يستطيع مقاومتها بينما لا تستطيع الانواع الاخرى ذلك .

جـ – التعاقب الدقيق Microsuccession

يحدث هذا النوع من التعاقب في مواطن بيئية دقيقية Microhabitats ذات ابعاد مساحية صغيرة، مثل التعاقب الذي يطرأ داخل حبة بلوط او داخل كتلة منتفخة من الخشب او في روث الحيوانات animal dnngs ، وتسمى السلاسل البيئية التعاقبية هنا بالسلاسل الدقيقة Microseres . وفي التعاقب الدقيق لا يوجد هناك مجتمع ذروة لإعتباره جزءاً من البيئة الدقيقة ثم يختفي بعد فترة من الزمن حيث ينتهي دور هذه البيئة الدقيقة .

ولتوضيح التعاقب الدقيق نتحدث عن التعاقب في حبه البلوط . تمر حبة البلوط بمراحل عديدة من بداية سقوطها الى ان تصبح جـزءاً من مـادة الدبـال العضويـة Humus:

١ – غالباً ما تبدأ المرحلة الأولى في التعاقب والبلوط ما زال عالقاً على الغصن حيث تنخر حشرة سوسه البلوط Acorn weevil insect الى داخل الجنين وتضع بيوضها ، وعند فقس البيوض الى يرقات تقوم هذه اليرقات باستهلاك نصف جنين حبة البلوط .

٢ – ثم يجتاح البلوط انواع من الفطريات كفطر البنسلين والفيوزاريوم وتستهلك ما تبقى من جنين حبة البلوط ويصبح عبارة عن قطعة بنية جلدية الملمس . وتمثل حشرة السوس والفطريات السابقة الكائنات الرائدة .

٣ – ونتيجة لعدم وجود الغذاء للسوس فانه يخرج من البلوط تاركاً ورائه ثقباً سطحياً يسمح هذا الثقب بمرور حشرات العث Moth التي تتغذى على الفطريات Fungi feeders وتقوم باغلاق الثقب بشبكة قوية من الالياف . ويتغذى العث ايضاً على بقية الجنين وايضاً على فضلات الكائنات الرائدة .

٤ – تدخل مجموعة من الفطريات لتنمو داخل البلوط ويتبعها نوع من البراغيث Cheese mites الذي يتغذى على الفطريات .

٥ – ثم تجتاج حبة البلوط انواع من الفطريات التي تستهلك مادة السليلوز وتكون غزلاً فطرياً . وتأتي انواع من الحشرات تتغذى على هذا الغزل الفطري وعلى قشرة حبة البلوط .

٦ – وتدخل الحشرات السابقة باعداد هائلة فتستهلك كمية من حبة البلوط من الداخل فتؤدي الى إنهاكها . وتدخل فطريات تتغذى على مادة السليلوز وفطريات اخرى تتغذى على مادة اللجنين Lignin مما يؤدي الى تلف العنق الذي يربط البلوط بالغصن فيسقط على سطح الأرض .

٧ – بعد ان اصبح البلوط هش القشرة ، ونتيجة لوجود ثقب (مكان اتصال حبة البلوط بالعنق) تدخل بعض الحيوانات اللافقارية مثل ذوات المئة رجل Centi-peds وذوات الالف رجل Millipeds وديدان الارض ، وتستمر في تقطيع البلوط وخلطه في التربة . وتحت تأثير المحللات يصبح البلوط جزءاً من مادة الدبال .

ونستخلص من هذا المثال ما يلي :

١ – ان التغير في البيئة التحتية Substrate (حبة البلوط هنا) يحدث بواسطة

الكائنات الحية نفسها وليس بسبب العوامل البيئية المحيطة .

٢ – وعندما تُحدث هذه الكائنات تغييراً في المتطلبات البيئية تتنحى لتأتي كائنات اخرى تُناسب هذه المتطلبات .

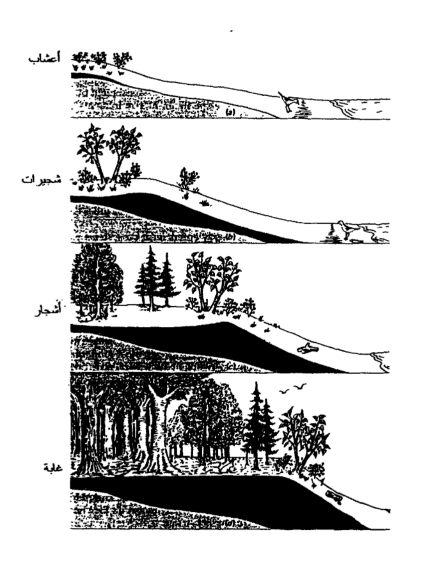
٣ – ان الكائنات الرائدة متخصصة جداً في التغذية على البلوط ، يتبعها كائنات اقل اعتماداً على البلوط في غذائها وهكذا حتى تصل الكائنات اللافقارية .

٢:٧:٧ امثلة على التعاقب البيئي Examples on succession

بالاضافة الى الامثلة السابقة المتعلقة بالتعاقب فان هناك العديد من الامثلة نذكر منها :

أ – التعاقب في الكثبان الرملية Sand dune succession

يحدث أن تتجمع حبيبات الرمال بواسطة الرياح في منطقة معينة ، وتسقط الامطار فتتجمع الحبيبات وتتماسك بواسطة الماء مهيئةً الظروف لنمو الكائنات الرائدة، والتي تكون عادة انواع من الاعشاب قليلة الجذور ، وحول هذه الاعشاب تتجمع انواع من السوس والعناكب والجنادب (الشكل ٧ – ٦) . وتقوم هذه الاعشاب باحداث تماسك بين حبيبات التربة فاتحةً المجال لأعشاب اخرى تكون جذورها طويلة ومتفرعة تستطيع ان تثبت نفسها بالتربة حامية نفسها من الرياح . ومن ثم يكون المجال مفتوحاً للشجيرات الصحراوية وهنا تكثر الانواع المختلفة من القوارض والارانب والزواحف ، وتوفر هذه الشجيرات المأوى ايضاً للثعالب وبعض الحيوانات الكبيرة وقد يحدث ان تصبح التربة صالحة للاشجار الكبيرة نسبياً ويتطور معها عالم الحيوانات ، اذ تزداد الحلزونات والديدان والطيور والثدييات .



الرمل الأصلي

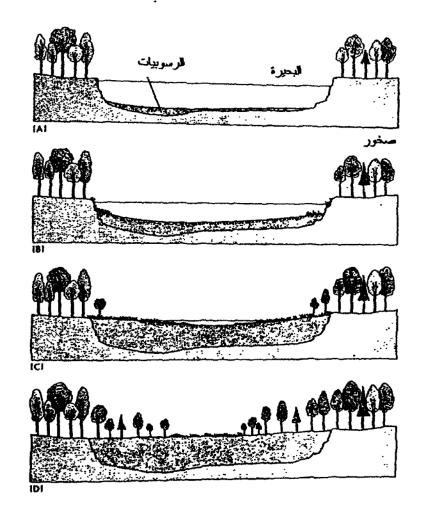
الرمل المضاف
(بواسطة الرياح وأمواج الماء)

الذبال المضاف
(بواسطة الكائنات الحية)

الشكل (٧-٦) التعاقب البيئي في الكثبان الرملية
على شواطيء بحيرة ميتشغان (Villee,1985)

ب – التعاقب في الماء العذب Freshwater succession

يتباين التعاقب في المياه العذبة من حيث المعدل ومن حيث النمو تبعاً لاتساع المنطقة المائية ومعدل حركة الماء . ففي مناطق المياه الساكنة نسبياً مثل البحيرات والبرك والمستنقعات حيث ينتقل الماء من مناطق اخرى الى هذه المياه حاملاً معه حبيبات التربة التي تتراكم في مياه البركة تدريجياً وتسمى هذه العملية بالتغرين Silting in ومع تراكم هذه المادة الترابية دون توقف على مدى سنوات تحدث ظاهرة التعاقب (الشكل ٧–٧) . وكنتيجة لتراكم التراب يزداد موت الحيوانات والنباتات التي تقطن البركة (الاسماك والطحالب والكائنات الاخرى) وبالتالي يزداد تحللها مما يوفر نسبة من الدبال تستطيع طحالب الكارا *Chara* ان تنمو فيها ، وتسمى هذه بالنباتات المغمورة ويصاحبها بعض الحيوانات كالاسماك وانواع من الحلزون . وباستمرار التحلل يرتفع منسوب التربة في الماء وتزداد نسبة الدبال فتعيش هنا نباتات نصف مغمورة وتبقى قمتها النامية تعلو الماء . ثم يرتفع منسوب التراب لتعيش النباتات النافذة والتي توفر مأوى للحيوانات التي تتنفس بالاكسجين (في الهواء) كالبرمائيات والسلاحف المائية والحلزونات والحشرات ، وتختفي بعض أنواع الاسماك لاضمحلال المياه . ونتيجة لتراكم الترسيب يصل قعر البركة الى مستوى المياه وتجف البركة تماماً خلال الصيف وتسمى هذه المرحلة بالمراحلة المؤقتة للبركة . وتكثر الاعشاب والشجيرات وتهيء الظروف لحيوانات جديدة مثل الثدييات والطيور وقد تكون مرحلة الذروة من المروج او غابة من الأشجار .



الشكل (٧-٧) التعاقب في بركة ماء (Whittakar, 1970)

جـ - التعاقب البحري Marine succession

يمكن ملاحظة التعاقب البحري على سطح نظيف في مجتمع بين المد والجزر بالشكل التالي :

سطح نظيف – بكتيريا – دايوتومات – طحالب – جوفمعويات – حيوانات طحلبية – رخويات – رخويات ذات مصراعين Bivalvea . كما ويمكن ملاحظة التعاقب على السطوح المرجانية فمع تراكم القاعدة المرجانية تستقر على السطح انواع مختلفة من الكائنات ، وتكون الطحالب بصورة عامة هي الرائدة ومع تغيير درجات الحرارة قد يحل محلها الجوفمعويات والقواقع والديدان وبعد ذلك تأتي شوكيات الجلد (قنافذ البحر) التي تتغذى على حيوانات المرجان وتقوم بتدميرها ويؤدي نمو الشعاب ، عبر العصور الجيولوجية ، الى ان تصبح ثقيلة الوزن بحيث يؤدي الى غرقها واستقرارها بالقعر .

٣:٧:٧ نظرية الذروة الوحيدة مقابل الذورة المتعددة

Polyclimax versus monoclimax theory

اعتبر العالم الأمريكي Clements (1950) ان التعاقب البيئي للنباتات يسيطر عليه اساساً ويوجّه المناخ الذي يؤدي الى ذروة الغطاء النباتي . وهذا يعني ان المناخ يفرض سيطرته على عوامل التربة والتضاريس ، كما انه يعتبر العامل البيئي الموجه والمحدد لطبيعة الذروة حاجباً بذلك تأثير الصخرة الام Parent rock وخصائص التربة . ويعتبر ايضا العالم الامريكي ان تربة الذروة تتميز في هذه الحالة بخصائص موحدة مهما كانت طبيعة الصخرة الام السائدة في المنطقة المناخية ، بحيث ان التأثير المشترك للمناخ والغطاء النباتي يؤديان الى توحيد هذه الخصائص بجعل المناخ هو العامل الوحيد الذي ينظم توازن الغطاء النباتي مع البيئة المحيطة لذلك استخدام العالم الامريكي مصطلح ذروة مناخية Climatic climax . ويطلق على هذه النظرية بنظرية الذروة الوحيدة Monoclimax theory . وتعرضت هذه النظرية للنقد ، حيث تفترض ان منطقة تحت نفس الظروف المناخية العامة تضم ايضاً مجموعة نباتات وحيوانات متجانسة نوعاً ما ، الا ان هذا ليس هو الحال فهناك مناطق داخل اقليم مناخي تحتوي على تضاريس غير منتظمة وانواع مختلفة من التربة ليس لها نفس الذروة ولن يكون كذلك في المستقبل الذي يمكن كشفه .

لذا برزت نظرية الذروة المتعددة Polyclimax theory والتي تعتبر ان هناك مجتمعات ذروة مختلفة في اي اقليم جغرافي سواء أكان مجتمع ذروة مناخي او ترابي او طبوغرافي وجميعها قادرة على الانتاج الذاتي وتستطيع ان تبقى لفترة زمنية غير محددة . ويمكن ان تحدث الذروة المناخية عندما تكون العوامل البيئية (التربة والطبوغرافيا) في المنطقة متجانسة وعند ذلك يكون هناك ذروة واحدة مناخية في الدرجة الأولى . ويندر تحقيق ذلك خصوصاً في منطقة شرق المتوسط التي تتميز بتنوع في الصخور الام والوضع الطبوغرافي .

وتتلخص نظرية الذروة المتعددة بأن مجموعة الظروف المحيطية تتآزر لخلق ذروات مختلفة في نفس المنطقة المناخية تبعاً لاختلاف الصخور الام والوضع الطبوغرافي .

٨:٧ التداخلات الحيوية Biological interrelationships

يجزم العلماء بانه لا يوجد اي نوع من الكائنات الحية يستطيع ان ينعزل عن انواع اخرى من الكائنات الحية بل تمارس جميع الكائنات الحية تفاعلات مباشرة او غير مباشرة مع بعضها . وقد تكون هذه التفاعلات سلبية (Negative interactions) وقد تكون ايجابية Positive interactions والمهم اننا لا نستطيع ادراك ديناميكيات الجماعات دون معرفة العلاقات بين الانواع . وتمثل العلاقات الإيجابية بالتعايش والتبادل والتكافل وتمثل العلاقات السلبية بالافتراس والتطفل والتضادية والتنافس . ويوضح الجدول (٧-١) جميع التداخلات الحيوية الممكنة بين الانواع المختلفة حيث تعني اشارة الجمع (+) ان النمو السكاني يزداد واشارة الطرح (–) ان النمو السكاني ينقص . والرقم (O) ان النمو السكاني لا يتأثر .

والتكافل Symbiosis يعني العلاقات التي تكون نافعة او محفزة لواحدة او اكثر من الجماعات المتفاعلة ، ويوجد منه طرازين : التعايش Commensalism والتقايض Mutualism .

جدول (٧-١) . جميع التداخلات الحيوية الممكنة بين الانواع المختلفة للكائنات الحية . (+) ازدياد النمو السكاني (−) انخفاض النمو السكاني (O) النمو السكاني لا يتأثر .

نوع التداخل الحيوي	أحد الانواع	النوع الاخر
١ – التعادلية	O	O
٢ – التعايش	+	O
٣ – التقايض	+	+
٤ – التعاون	+	+
٥ – الافتراس	+	−
٦ – التطفل	+	−
٧ – التنافس	−	−
٨ – التضادية	−	O

٧:٨:١ التعادلية Neutralism

وتعني ان هناك نوعين مختلفين لا يتأثران لا سلباً ولا ايجاباً بذلك التصاحب . وفي الواقع تعيش الكائنات (نباتات او حيوانات) في مواقع ضيقة للغاية وكثيراً ما يتصلان اتصالاً وثيقاً الواحد بالآخر ، الا ان سلوكهما التكاثري وتغذيتهما والعمليات الحيوية الاخرى تكون بصورة عامة مختلفة الى درجة ان الكائن الآخر كانه غير موجود . وتنشأ التعادلية عند توفر الغذاء والمأوى بصورة كبيرة بالنسبة للكائنات القاطنة. الا ان السلوك التعادلي هذا قد يتغير عندما تتغير الظروف البيئة فحدوث كارثة او تغير بيئي جذري يمكن ان يغير المتوفر من الغذاء والمأوى بحيث يجبر النوعان على استعمال اغذية اخرى (موجودة بكميات محدودة) او البحث عن بديل للمأوى مما قد يؤدي الى احتدام المنافسة بين نوعين ، كانا يوماً ما متعادلين ، وبالتالي تتغير العلاقة بينهما.

٧:٨:٢ التعايش Commensalism

عندما تتفاعل الجماعات باسلوب يكون نافعاً لاحدهما ومتعادلاً للاخرى يشار اليه بالتعايش والامثلة على التعايش ، كثيرة اذ نراها في كل الاماكن وفي كل الاوقات وفي انفسنا . فقد توفر كائنات حية كبيرة ملجأ تعايش لكائنات اصغر ، وعلى سبيل المثال توفر الفجوات الموجودة في الجذور الداعمة للاشجار ملاجئ للخفافيش وضفادع الشجر والسحالي والحشرات وكائنات حية عديدة اخرى كما تجهز جذوع الاشجار واغصانها مواقع تعلق للنباتات المتسلقة Epiphytes مثل النباتات السحلبية ، وللحيوانات التي تبنى اعشاشها بين الاغصان كالطيور . ومثل هذه المتعايشات لا تستخلص طعاماً من الكائن المعايش لكنها تستخدم موطناً للعيش .

وتحوي معظم الحيوانات (بما في ذلك الإنسان) على متعايشات داخلية لا تسبب امراضاً ، اذ تحتوي القناة الهضمية للانسان انواعاً من البكتيريا والحيوانات الاولية باعداد هائلة مثل انتاميبا كولا *Entamoeba coli* . كما يحدث طرازاً آخر للتعايش عندما تستخدم انواع متباينة من الحيوانات جحوراً او اعشاشاً مجهّزة من قبل انواع اخرى، فمثلاً تجهز بيوت النمل الابيض مراكز بيئية لاكثر من مائة نوع من حيوانات اخرى منها: النمل وحشرات المن والخنافس والديدان والقشريات . وكمثال واضح على التعايش بين الحيوانات الكبيرة الحجم هو ما نراه بين سمك الريمورا والقرش Remora-shark حيث يوجد لسمك الريورا ممص على شكل قرص محجمي قوي يمسك بواسطته جلد القرش لينقله بدوره الى مسافات بعيدة وبصورة سريعة دون جهد يبذل من سمك الريمورا ، كما تلتهم الريمورا بقايا الطعام الزائد بين فكي القرش في حين لا يتأثر القرش من وجود الريمورا عليه .

والتعايش قد يكون اجبارياً وذلك عندما يعتمد كائن حي واحد وبشكل مطلق على نوع آخر . فالعلاقة بين الطحلب *Basicladia* وبين بعض سلاحف المياه العذبة مثال على التعايش الاجباري اذ تنمو الطحالب على ظهور هذه السلاحف فقط . والسرطان المحاري (وهو عبارة عن حيوان من القشريات صغير الحجم) يعيش فقط داخل التجويف الجداري للمحار ، ودائماً تكون مثل هذه العلاقة علاقة موطن

وليست علاقة تغذية . وقد يكون التعايش اختيارياً ، وهذا ما يحدث غالباً ، وذلك عندما يستطيع الكائن المتعايش البقاء حياً عندما يكون بصورة مستقلة ، الا ان كل واحد يتعزز بوجود الآخر . والمثال على ذلك العلاقة بين كلب المروج *Cynomys* sp. والبومة *Speotyto* sp. اذ غالباً ما تعشش البومة في جحور كلب المروج لكنها لا تقتصر على العيش في مثل هذه الجحور . ولابد لنا هنا ان نتذكر القوارض المنزلية التي تعيش في اوكار في بيوت ومزارع المدن والقرى معتمدة على المؤونات الغذائية التي يملكها الانسان وهذا هو مثال على التعايش .

٣:٨:٧ التقايض Mutualism

وهو عبارة عن نوع من العلاقات الطبية بين الكائنات الحية ينتفع من جرائها كلا المجموعتين المتداخلتين . والمثال التقليدي على ذلك هو الاشنات Lichens التي تتكون من الطحالب والفطريات ، حيث تجهز الفطريات الهيكل (الدعامة) والرطوبة ومواقع التعلق التي تنمو فيها خلايا الطحالب وتقوم الطحالب بانتاج الغذاء لنفسها وللفطريات معاً . والمثال الآخر هو العلاقة بين البكتيريا رايزوبيوم *Rhizobium* والنباتات القرنية Le-guminosa اذ يمد الرايزبيوم النباتات بالنيتروجين الضروري ويحصل مقابل ذلك على غذائه من السكريات من جذور النبات .

وكما في حالة التعايش قد يكون التقايض اجبارياً وقد يكون اختيارياً وتوضح العلاقة بين الحيوان *Trichonympha* (حيوان اولي له سوط) والنمل الأبيض Ter-mites (آكل الخشب) التقايض الاجباري اذ لا يستطيع اي من هذين النوعين العيش بدون وجود النوع الآخر ، فالحيوان الاولي يعيش فقط في القناة الهضمية للنمل ليكسب الموطن والبيئة الثابتة والمواد الغذائية ، على ان يقوم بهضم مادة السليلوز الموجودة في الخشب وتسهيل عملية الهضم بالنسبة للنمل .

وتكون العديد من علاقات التقايض اختيارية اي ان بمقدور كل نوع البقاء دون وجود النوع الآخر الا ان كليهما ينتفعان عندما يعيشان سوياً وهذا النوع من العلاقة يطلق عليه اسم التعاون Protocooperation . فتستخدم العديد من السرطانات البحرية

اجسام الجوفمعويات والاسفنجيات الحية كنوع من التمويه لتغطية السطح العلوي من الجسم ، فيتحاشى السرطان الافتراس من قبل الحيوانات الاخرى بينما يستفيد الكائن الآخر بانتقاله الى مناطق تحتوي على كميات اكبر من الغذاء والاوكسجين بواسطة التحركات الدائبة للسرطان .

ولا ننسى هنا علاقة التقايض (والتي يمكن اعتبارها تقايض اجباري) بين الانسان والنباتات الزراعية والحيوانات الداجنة اذ لا يستطيع الانسان العيش بدونها ، كما لا تستطيع العديد من اشكال الكائنات الحية الداجنة هذه العيش بدون العناية العلمية والزراعية الخاصة التي يقوم بها الانسان .

٧:٨:٤ الافتراس Predation

هو عملية اقتناص حيوان حي (الفريسة Prey) من اجل الغذاء من قبل حيوان آخر (المفترس Predator) .

وهي نوع من العلاقات العدائية التي تبدو لنا في الوهلة الاولى بانها تقضي على الكائنات الحية ، ولكن نظرة على المدى البعيد تبين لنا ان هذه العلاقة لها الدور الكبير في تنظيم الجماعات ومنع ظاهرة التدمير الذاتي Self - destruction (بسبب التضخم السكاني) من الحصول ، فمعظم الحيوانات في اي نظام بيئي يكون لها عدو واحد او اكثر يقاوم زيادة السكان فيها . والافتراس معروف لدينا ويمكن تمثيله في العلاقة بين الصقر والفأر وبين الأفعى والفأر وبين الصقر والافعى وبين الاسد والظبي وبين الاسماك الكبيرة والصغيرة وهكذا . ولتوضيح الاهمية البيئية للافتراس ودوره في الحفاظ على اتزان الجماعات الحيوانية نورد ما حصل في غابة كيباب الوطنية في اريزونا ، فمنذ عام ١٩٠٦ ولغاية عام ١٩٣٠ ادت حملات شاملة لسنوات عديدة للتحكم في الافتراس الى قتل جماعي للذئاب والاسود الامريكية والوشق (وجميعها حيوانات مفترسة) وبالتالي فقد تزايدت جماعة الايل *Odocoilens nemionus* بصورة حادة من قطيع ابتدائي يتألف من ٤٠٠٠ ايل الى قطيع يحوي اكثر من ١٠٠٫٠٠٠ ايل بحلول عام ١٩٢٤ . وقد ادى ذلك الى القضاء على جميع المؤونة الغذائية المتوفرة بالغابة والمتاحة

للأيل . وفي شتاء عام ١٩٢٤ هلك ما يقدر بـ ٠٠٠ر٦٠ ايل نتيجة الجوع ، وقد انقضت عشرات السنين قبل ان تسترجع الغابة وقطيع الايل توازنهما .

فازالة المفترس من منطقة بيئية يؤدي الى زيادة في عدد الجماعة (الفريسة) فيؤدي ذلك الى الازدحام الذي ينتج عنه تدهور ظروف المسكن وانتشار الامراض (الذي قد يعود الى غياب ازالة المفترس للافراد الضعيفة) . وقد تبين من الدراسات العديدة ان الافتراس يزيل بصورة اختيارية الافراد حديثة السن والمعمرة والمريضة او المصابة من جماعة الفريسة . بينما تكون الحيوانات النشيطة والسليمة وجيدة التكيف اقل عرضة للوقوع ضحية للمفترس ، وهكذا نرى الدور التنظيمي للافتراس في جماعات الحيوان .

وقد لا يكون الافتراس اختيارياً بان يصيب الافراد القوية السليمة كما في حالة طيور السنونو التي تتغذى على حشرات العث والذباب بغض النظر عن حالتها الصحية. وفي هذه الحالات تكون اعداد الفريسة هائلة وانتاجيتها عظمية حتى تتمكن من استيعاب هذه الوفيات الجماعية ، كما في حالة الحشرات والاسماك والعديد من اللافقاريات . وهناك العديد من الكائنات التي تكيفت للحد من ظاهرة الافتراس ويعتبر التلوين الوقائي Protective coloration والتلوين التحذيري Warning coloration والتنكر Mimicry ضمن هذه الفئة من التكيفات . وهناك ايضاً سلوك سرعة الطيران والحركة والسلوك المضلل وسلوك التجمد وانماط اخرى من التكيفات التي تحد من عدد الوفيات الناجمة عن الافتراس . ولتوضيح ذلك نورد المثال التالي : هناك انواع من الخفافيش تتغذى على بعض انواع العث ، فتقوم الخفافيش بتحديد مواقع العث بان تصدر ذبذبات فوق صوتية Ultrasonic waves ثم الكشف عن الصدى الذي ينعكس عن حشرات العث الطائرة . ولقد طورت حشرات العث القدرة على كشف هذه الذبذبات فوق الصوتية الصادرة عن الخفافيش ، فعندما تدرك حشرة العث اقتراب خفاش تقوم على الفور بطيران لولبي مضلل ومعقد لتفادي تحديد موقعها وبالتالي افتراسها من قبل الخفاش . وهناك سلوك آخر من قبل جماعة الفريسة كأن تعمل الحيوانات تجمعات تقف متحدية المفترسات ، والامثلة على ذلك كثيرة منها : تجمع الماشية في قطعان والطيور في اسراب والاسماك في افواج .

لذا فالعلاقة بين الفريسة والمفترس علاقة تهم الطرفان فاذا زادت الفريسة فان الكائن المفترس يمارس زيادة العدد الامر الذي سيؤدي لاحقاً الى نقص في اعداد الفريسة ، وهذا ينتج عنه موت الكائنات المفترسة نتيجة الجوع واذا تدخل الانسان فانه يحطم هذه العلاقة المسؤولة عن التوازن الطبيعي بين الحيوانات.

٧:٨:٥ التطفل Parasitism

تعد الطفيليات Parasites كائنات حية تعيش داخل او على جسم الكائنات الحية وتستمد غذائها منها وقد تسبب للعائل ضعفاً او مرضاً او موتاً . ويكون التطفل شاملاً لجميع النباتات والحيوانات ، وقد يكون تطفلاً مؤقت (كالقراد على جسم الانسان) او دائم (الدودة الشريطية في الانسان). وتوجد الطفيليات الداخلية Endo-parasites ضمن الاجهزة العضوية الرئيسية للجسم كأجهزة الهضم والدوران والاجهزة البولية والتناسلية . كما توجد الطفيليات الخارجية Ectoparasities على الجلد او في داخل الجلد وملحقاته مثل الشعر والاظافر .

كما انه ليس هناك خط واضح للتمييز (من نظرة بيئية) بين الطفيلي والمفترس في بعض الحالات ، وبصورة طبيعية تسبب المفترسات هلاك فرائسها خلال وقت قصير ، بينما تحتاج الطفيليات الى وقت كبير نسبياً . وكذلك في حالة التطفل (في معظم الاحيان) يكون الكائن المتطفل اصغر حجماً بكثير من الكائن العائل ، والعكس صحيح بالنسبة للافتراس حيث عادة ما تكون الفريسة اصغر بكثير من المفترس . وقد يتضرر اكثر من نوع واحد من قبل الطفيليات بسبب ان هذه الطفيليات تحتاج لاكثر من عائل لاتمام دورة حياتها ، ففي حالة الطفيل المسبب للملاريا (بلازموديوم *Plasmodium*) يكون الطور الجنسي من التكاثر في البعوض ويكون الطور غير الجنسي للتكاثر في الانسان .

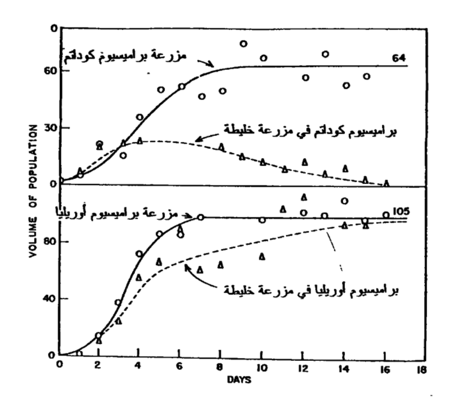
وقد يكون تأثر التطفل معتدلاً او غير معتدل في تأثيره على العائل ومن نظرة بيئية، ان العلاقة غير المعتدلة الى حد كبير والتي يهلك فيها العائل تكون بالطبع غير ذي فائدة للطفيل ايضاً . وفي كثير من الاحيان تسبب الطفيليات الطارئة حديثاً تأثيراً قاسياً

وقد يكون مهلكاً للنظام البيئي اكثر من طفيليات كانت موجودة بالمنطقة منذ زمن بعيد. ووجود دورات حياة معقدة او وجود اكثر من عائل غالباً ما تمنع الكائنات المتطفلة من الوصول الى طور معين من دوره الحياة على الرغم من امتلاكها القدرة التناسلية الضخمة التي تساعدها على ذلك . ونتيجة لهذه الاجراءات الوقائية الطبيعية قلما يصل التطفل الى النسب المهلكة والتي يمكن حصولها في حالات الافتراس .

٧:٨:٦ التنافس Competition

يعرف التنافس على انه علاقة عدائية كنتيجة للاستخدام المتبادل لموارد طبيعية محدودة في الموطن البيئي . ولقد اظهرت الدراسات البيئية بانه لا يمكن بصورة طبيعية لنوعين مختلفين من الكائنات الحية من احتلال نفس العش البيئي تماماً ، اي انه لا يمكنها التواجد معاً بمتطلبات متماثلة للغذاء والمسكن . وهناك قاعدة بيئية تشير الى ان الانواع التي تعيش في منطقة معينة مع بعضها البعض وتتداخل في أعشاشها البيئية غالباً ما تتنافس على نفس الموارد وكثيراً ما يقوم احدها بازاحة الآخر ويطلق على هذه الظاهرة بالإقصاءالتنافسي Competitive exclusion .

وهناك دراسة توضح علاقة التنافس بين الجماعات المخبرية للكائن براميسيوم كوداتم *Paramecium caudatum* وبراميسيوم اوريليا *P.aurelia* (نوعان من الهُدبيات الاولية). فعندما يزرع النوعان بصورة منفصلة في المختبر فان كـل نوع ينمـو بصـورة جيدة على الوسط الغذائي نفسه ، ولكن عندما يزرع النوعان معاً فان براميسيوم اوريليا دائماً يقصي براميسيوم كوداتم الذي يختفي بعد حوالي ١٦ يوماً . وهناك الكثير من النتائج المشابهة في جماعات القشريات والحشرات والحيوانات الاخرى .



الشكل (٧-٨) التنافس بين نوعين من البراميسيوم
***P. caudatum & Paramecium aurelia* في المزارع المخبرية.**

وقد يكون التنافس بين افراد النوع الواحد ويسمى تنافس ضمن النوع Intraspecific او يكون بين نوعين او اكثر مختلفين ويسمى تنافس بين الانواع Interspecific. وقد يحصل التنافس بين عدة كائنات على موارد طبيعية محدودة تتناقص باستمرار فيسمى تنافس طبيعي Resource competition وقد يحدث التنافس حتى لو كانت الموارد بكميات اضافية فيقال له تنافس تنازعي Interference competition.

ويكون التنافس في النباتات عادة على الضوء والماء وعناصر الغذاء ، واماكن التصاق الاغصان ودعم الجذور . اما بين الحيوانات فيكون على الماء والطعام والتزاوج وكذلك على الفراغ المكاني (اماكن التعشيش ، اماكن امينة من المفترسات ، اماكن تقي من البرد) .

وقد تتغير نتائج التنافس بين الانواع تبعاً لتغير الظروف البيئية المختلفة ، ومثال ذلك ما يحدث لخنافس الطحين حيث تقوم خنفساء *Tribolim* بازاحة خنفساء اصغر من جنس *Oryzaephalus* اذ لم يكن للموطن تعقيد ومخابئ كافية تمكن الخنفساء الاصغر من الاختفاء فيها . واذا تم تجهيز الموطن (الطحين) بقطع صغيرة من انابيب شعرية ، والتي تجد فيها الخنفساء الاصغر ملاذاً فعندئذ يكون بمقدور النوعين من العيش معاً في البيئة نفسها . وهناك تكيفات وانواع من السلوك التي تجعل الكائن منافساً قوياً منها :

١ – العدوان السلوكي المجرد الذي يقوم فيه احد الانواع بطرد الآخر .

٢ – معدل تكاثر عالي بحيث يؤدي إلى احتلال الموطن البيئي المحدد من قبل الصغار .

٣ – مقاومة الأمراض .

٤ – نجاح اكبر في ايجاد الغذاء ومواقع الاوكار والتزاوج .

٥ – قدرة اكثر على استخدام العلاقات التعاونية والاستفادة منها .

٦ – نجاح اكبر في تفادي المجابهات التنافسية .

٧:٨:٧ التضادية والتضاد الحيوي Amensalism and antibiosis

التضادية Amensalism عبارة عن علاقة يتم فيها تثبيط نشاط جماعة بينما لا تتأثر جماعة اخرى من هذه العلاقة . والغابة هي مثال على التضادية حيث تكون الاشجار العالية حاجبة الضوء عن الشجيرات والاعشاب الموجودة تحتها ، ولا يكون بمقدورها الحصول على كمية كافية من الضوء ، فلا يستطيع العيش سوى النباتات التي تتحمل الظل فتشكل غطاء الغابة الأرضي .

والتضاد الحيوي Antibiosis عبارة عن شكل من اشكال التضادية والذي يقوم فيه كائن حي بانتاج مادة ايضية سامة ضد كائنات حية اخرى . والمثل المعروف على ذلك هو فطر البنسلين *Penicilium* الذي ينتج مادة حيوية مضادة Penicillin تسبب موت العديد من البكتيريا . كما ينتج العديد من الفطريات والاشنات مواد ايضية تقوم بتثبيط النمو البكتيري ، وتنتج نباتات عديدة مواد تكون سامة او مثبطة للحيوانات ، فيقوم الطحلب *Chlorella* بانتاج مادة تثبيط لتغذية برغوث الماء من جنس

Daphnia. كما تنتج بعض الشجيرات البرية (*Salvia lencophylla* and *Artemisia californía*) مواد مثبطة تسمى كامفور Camphor تتركز في جذورها واوراقها وتشجع سيادة الشجيرات Shrub dominance ففي فصل الجفاف تجف الاوراق وتسقط في التربة وعندما يهطل المطر يتم غسل هذه المواد فتتخلل مادة الكامفور التربة لتؤثر على جذور الأعشاب التي تعيش حول الشجيرات فتثبطها او توقف نموها ، الامر الذي يجعل الشجيرات تسود في المنطقة . ويحدث هذا كله كنتيجة للتنافس بين جذور النباتات المختلفة على موارد التربة كالماء والمواد المغذية والمكان .

٩:٧ دورية المجتمعات Community periodicity

يعد المجتمع وحدة حية متحركة باستمرار تبعاً للموسم . وتذبذبات العوامل الحياتية واللاحياتية التي درست سابقاً غالباً ما تتكرر بانتظام ويسمى هذا بالتذبذب التواتري Rhythmic fluctuation ويعني هذا نمطاً دورياً للأحداث داخل البيئة الطبيعية والذي غالباً ما ينظم فسيولوجية وحركة الكائنات الحية وقد تكون هذه التذبذبات التواترية :

١ – تذبذبات يومية .

٢ – تذبذبات موسمية .

٣ – تذبذبات قمرية وتعتمد على الدورة القمرية ويكون تأثيرها عادة على الكائنات البحرية .

٤ – تذبذبات موروثة وهذه التذبذبات تكون على شكل دورات هرمونية او/و ايضية موروثة في بعض الكائنات الحية. ونستطيع القول ان دوريات الافراد والجماعات ضمن المجتمع قد يعود الى : عوامل خارجية Extrinsic factors تنتج عن مؤثرات بيئية لا حياتية وتشمل درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الريح وعوامل حياتية داخلية In-trinsic factors ، وقد تكون تصرفات سلوكية تعمل بتآزر مع العوامل الخارجية اللاحياتية .

وهناك ما يسمى بالتذبذب اللاتواتري Arhythmic fluctuation حيث يصعب التنبؤ بكل الاحداث الطبيعية بنفس درجة انتظام التوافقات الموسمية . وقد يحدث احياناً ان تصبح التذبذبات الموسمية (لدرجة الحرارة والرطوبة والامطار) لا تواترية بسبب بعض الاضطرابات المحلية او التغيرات غير العادية ، فهناك مثلاً سنين رطبة وسنين جافة تجعل العوامل المناخية في هذه السنين غير منتظمة . وتعد الفيضانات وفترات الجفاف والحرائق من الحوادث اللاتواترية التي تظهر بصورة متكررة في بعض المناطق .

٧:٩:١ الدورية اليومية Daily periodicity

يوجد في اي مجتمع طبيعي ما يسمى بالتوافقات اليومية على مدى ٢٤ ساعة كاملة . ويمكن تقسيم فترة الاربعة والعشرين ساعة هذه الى عدة وحدات على اساس كمية الضوء التي تستقبلها البيئة ونتيجة لتغير الاضاءة يحدث تغيرات في الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة خلال النهار والليل .

وفي الفترة الفجرية Auroral poriod تصبح الانواع الليلية اكثر هدوءاً وتبدأ في العودة الى مخابئها ، وفي الوقت نفسه يزداد نشاط الانواع النهارية لقرب بدء الفترة النهارية diurnal period . ويتبع هذه الفترة الطويلة من الضوء النهاري الكامل فترة اخرى تسمى بفترة الغروب Vesperal period وخلال هذه الفترة يحدث العكس تماماً بالفعاليات المرتبطة بالفترة الفجرية فالكائنات النهارية تهدأ تدريجياً باحثة عن مأواها بينما تبدأ الحيوانات الليلية في التحرك والنشاط . وفي الفترة الليلية Noctur-nal period تكون الاضاءة معدومة مقارنة مع الفترة النهارية ويكون مصدر الاضاءة الوحيد هو القمر وبعض الكائنات المضيئة كبعض الاسماك (في البحار). وتنتظم الفعالية النهارية للنباتات والحيوانات عن طريق شدة الاضاءة وطول الفترة الضوئية ودرجة الحرارة ، وعلى غرار تأثير ضوء الشمس على الكائنات الحية فان ضوء القمر يمارس ايضاً تأثيراً قوياً على بعض الكائنات الحية . وتكون التوافقات القمرية Lunar rhythms اكثر تأثيراً في المناطق التي تؤثر فيها اطوار القمر ووقت ظهوره ووقت

اختفاءه على المد والجزر .

وتعاني الكائنات الحية البحرية التي تعيش في الماء الضحل ولا سيما في المناطق بين المد والجزر من تأثيرات اكثر شدة مرتبطة بحجم المد والجزر ، اذ يصبح العديد من الكائنات التي تبقى في هذه المنطقة خاملاً عندما يتراجع الجزر ويعرضها للجو ولا شك ان مثل هذه التغيرات الدورية تسيطر على الفترة الزمنية المتاحة للتغذية او لانتاج الطعام. وترتبط الدورات القمرية ارتباطاً وثيقاً بالدورات التناسلية في بعض الكائنات البحرية فنجد ان بعضها يتكاثر في الربع الاول وبعضها في الربع الثالث وهكذا .

٧:٩:٢ الدورية الفصلية Seasonal periodicity

ويمكن للعالم البيئي تمييز ست فترات في السنة كالتالي :

١ – فترة الربيع المبكر Prevernal period وتبدأ من اوائل شهر آذار وتنتهي في منتصف نيسان . وهي الفترة التي تبدأ خلالها بعض النباتات في النمو والازدهار وتبدأ العديد من الحيوانات كالثدييات والزواحف التي تمر بفترة السبات الشتوي Hypernation بالبزوغ وتقوم بعض الطيور بالهجرة اتجاه الشمال في طريقها الى مواقع اعشاشها واقاليمها الصيفية .

٢ – الربيع المتأخر Vernal period ويستمر من أواخر نيسان حتى نهاية ايار وهي الفترة التي ترتفع خلالها درجات الحرارة للتربة لتنسجم مع درجات حرارة الوسط المحيط وتورق الاشجار ويفقس عدد كبير من الحشرات ، وتكمل الطيور رحلاتها الهجرية وتبدأ بعض النباتات التي ازهرت مبكراً في الاثمار.

٣ – الصيف المبكر Estival automnal period وتبدأ من حزيران حتى اوائل تموز .

٤ – الصيف المتأخر Serotinal period وتبدأ من اواخر تموز حتى اوائل ايلول وخلال فترات الصيف المبكر والمتأخر تكون النشاطات الحيوية في الحد الأقصى وتكون الظروف مثالية لنمو النباتات والحيوانات ، على الرغم من حدوث فترة جفاف خلال الصيف قد تسبب سباتاً صيفياً Estivation لبعض الاحياء .

٥ – الفترة الخريفية Aestival period وتبدأ من منتصف اواخر ايلول وتنتهي في اوائل تشرين الثاني حيث يحدث انخفاض في درجات الحرارة ويحدث خلال هذه الفترة سقوط تدريجي لاوراق الاشجار متساقطة الاوراق ، وانتقال عام للعديد من الحيوانات من الطبقات المكشوفة الى المواطن المحمية ، وكذلك الهجرة السنوية للطيور في اتجاه الجنوب حيث الدفء . وفي هذه الفترة ايضاً تحدث هجرات اقل اتساعاً للحيوانات اللافقارية من المناطق المكشوفة ومناطق المراعي إلى الغابات ، وهجرات عمودية من الطبقات العليا للغابة نزولاً الى المناطق المحمية من التربة وبقايا الاوراق ، ويعرف هذا النوع المحدود من الهجرة بالهجرة الدقيقة Micromigration . وخلال هذه الفترة تجمع العديد من الحيوانات الفقارية الغذاء وتقوم بتجهيز مبايتها الشتوية .

٦ – الفترة الشتوية Hiemal period وتبدأ من منتصف او اواخر شهر تشرين الثاني في معظم المناطق المعتدلة وتستمر حتى نهاية شباط ويحدث سقوط الامطار على هيئة امطار غزيرة او ثلوج او بَرَدْ ، وتكون درجات الحرارة منخفضة نسبياً ، وتكون معظم الكائنات الحية قد باتت شتوياً او تحوصلت او قُتلت بفعل البرد اما الانواع الاكثر تحدياً للظروف الباردة فتكون عادة اقل نشاطاً مما هي خلال الفترة الدافئة من السنة .

وقد قدمت عدة فرضيات لشرح الدورية اليومية والموسمية في النباتات

والحيوانات ، وتقترح الفرضية الاولى ان الكائن الحي يستجيب هرمونياً وحسياً للتغيرات التوافقية في البيئة الخارجية التي ستؤدي الى انماط سلوكية تنسجم مع الظروف الجارية . اما الفرضية الثانية فتقول انه عبر التتابع التطوري الطويل للكائن الحي تكونت مجموعة معقدة من النظم الايضية والبيوكيميائية الداخلية الموروثة لتنظيم التتابع السلوكي ، والاغلب ان هاتان الفرضيتان تعملان معاً بدرجات متفاوتة .

٧ : ١٠ الطرق البيئية المستعملة لمسح المجتمعات الحياتية :

Ecological methods used in community survey

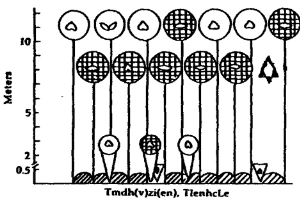
يحتاج العمل الميداني البيئي الى اخذ عينات من الوسط الذي ينوي الباحث العمل فيه ويقترح الباحثون النقاط التالية لاجراء المسح البيئي :

١ – يحدد موقع الدراسة على ان تكون ممثلة للمجتمع الحياتي والنظام البيئي المراد دراسته .

٢ – يبدأ الباحث بوصف موقع الدراسة بناء على المسح البصري Visual survey من ناحية هيكل المجتمع ، تقارب المجاميع الحياتية من بعضها البعض (الترابط) Sociability المناطق الانتقالية Ecotones ، الحواف Edges ، اتصال المجتمعات ، وغيرها من المعايير Parameters التي يمكن التعامل معها على اساس المسح والتحليل البصري ويشار الى هذا النوع من المسح البيئي بالمسح النوعي Qualitative Survey .

٣ – يمكن تصوير المجتمع – موقع الدراسة – ويفضل رسم الموقع Profile drawing كما في الشكل (٧–٩) حتى يستفاد منه في حالة تلف الكاميرا أو الصور الفوتوغرافية وكذلك يعطى رسم الموقع معلومات دقيقة حول

هيكل المجتمع. وتستعمل الرموز المختلفة لتوضيع البيانات البيئية ويفضل استمرارية استعمال نفس الرموز طوال مدة الدراسة حتى لا يحدث اللُبس.



Life form

- T trees
- F shrubs
- H herbs
- M bryophytes
- E epiphytes
- L lianas

Leaf shape and size

- n needle
- g graminoid
- a small
- h large, broad
- v compound
- q thalloid

Function

- d deciduous
- s semideciduous
- e evergreen
- j evergreen-succulent, leafless

Leaf texture

- f filmy
- z membranous
- x sclerophyll
- k succulent or fungoid

Size

t = tall (T = to 25 m; F = 2–8 m; H = 2m*)
m = medium (T = 10–25 m; F, H = 0.5–2 m)
l = low (T = 8–10 m; F, H = to 50 cm)

Coverage

b = barren
i = discontinuous
p = tufts, groups
c = continuous

الشكل (٧-٩) رسم موقعي لمنطقة غابية

(Barbour *et al.* 1987)

٤ – يبدأ بعد ذلك المسح البيئي الذي يعتمد على أخذ العينات ويشار إليه بالمسح الكمّي Quantitative Survey ومن اهم مقوماته بانه يجب ان يكون غير متحيزاً Biased ويفضل اخذ اكبر عدد من العينات لتكون ممثلة -represen tative للموقع البيئي المعني .

٥ – تُستخدم عدة طرق لاخذ العيّنات من الموقع الميداني ومن اهمها :

١ – طريقة المربعات Quadrat Mehtod

تستخدم طريقة المربعات من قبل الباحثين لدراسة المناطق التي تتميز بتنوعها الحياتي القليل وشيوع السيادة فيها مثل المناطق الصحراوية ، الجافة وشبه الجافة ويستخدم فيها مربع ذو مساحة متباينة . ويفضل الباحثون استعمال المربعات المتوسطة الحجم (١م٢) وبالتالي دراسة اعداد كبيرة من هذه المربعات في الموقع البيئي . بعد ذلك يقوم الباحث بـ :

١ – دراسة محتوى الانواع Species composition الموجودة داخل المربع ورصدها اما برموز او بأسماءها العلمية المعروفة وعدّ الافراد التابعة للنوع الواحد .

٢ – دراسة الارتفاع Height ويؤخذ عادة اطول واقصر ارتفاع ويصار الى اخذ المتوسط بالسنتمترات .

٣ – دراسة الغطاء النباتي داخل المربع Vegetation Cover (بالنسبة المئوية) . اي ما نسبة الغطاء النباتي الى الرقعة المكشوفة داخل المربع ويتم رصد هذه المعلومات في دفتر خاص وتصوير المربع او رسمه .

بعد ذلك يقوم الباحث بنقل المربع الى مكان آخر وبهذه العملية يكون الباحث قد توجه الى اخذ العيّنة التالية لدراسة الموقع البيئي ويقوم بنفس الخطوات السابقة ومن ثم تحريك المربع ونقله من مكان إلى آخر ، وهكذا . ومع تكرار اخذ العينات يصبح لدى الباحث فرصة لدراسة المعايير البيئية التالية : التردد (التكرار) ، الوفرة ، الكثافة ، التنوع الحيوي بناء على المعادلات التالية :

التردد (التكرار)Frequency = (عدد المربعات التي يتواجد فيها النوع (أ) ÷ العدد الاجمالي للمربعات المدروسة) × ١٠٠ويقاس بالنسبة المئوية

الوفرة Abundance = عدد الأفراد التابعة للنوع (أ) ÷ عدد المربعات التي وجد فيها النوع (أ) ووحدته عدد / مربع

الكثافة Density = عدد الافراد التابعة للنوع (أ) ÷ عدد جميع المربعات التي تمت دراستها ووحدته عدد / مربع

التنوع الحيوي = (تم الحديث عن كيفية حساب هذا المعيار البيئي ضمن هذا الفصل) .

ويوضح هذا الجدول كيفية رصد المعلومات البيئية الميدانية ووضعها في جداول:

عدد المربعات

النوع	م١	م٢	م٣	م٤	م٥	...	ع	غ٪	ط سم	ت ٪	و ن/مربع	ك ن/مربع	ملاحظات
أ	٣	—	٧	—	٥		١٥	٦٠	٣٠	٦٠	٥	٣	
ب	١٠	٢٠	٥	٥	—		٤٠	٤٥	١٥	٨٠	٤٠/٤	٤٠/٥	
جـ													

م = مربع .

ك = كثافة النوع .

ع = عدد افراد النوع الواحد .

ن = عدد النباتات .

غ = الغطاء النباتي للنوع .

ط = طول النبات .

ت – تردد النوع .

و – وفرة النوع .

فمثلاً : – النوع أ ، وجد في المربع (١) وكان تعداده (٣) افراد .

– لم يجده الباحث في المربع (٢) ووجده بتعداد (٧) افراد في المربع الثالث واختفى من الرابع ووجد في المربع الخامس وكان تعداده (٥) افراد .

– معنى ذلك ان عدد الأفراد Individuals التابعة للنوع أ = ٣ + ٧ + ٥ = ١٥ فرداً ويوضع هذا الرقم في خانة (ع) .

– لنفرض ان الغطاء النباتي كانت نسبته ٦٠٪ ومتوسط طول النبات كان ٣٠ سم .

– معنى ذلك ان تردد او تكرار هذا النوع = $\frac{٣}{٥}$ × ١٠٠٪ = ٦٠٪

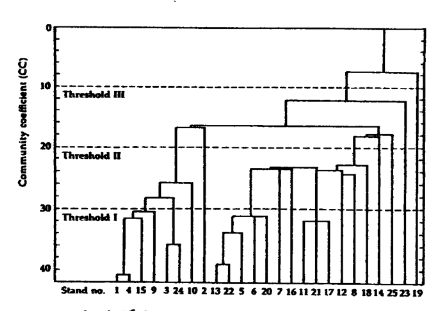
– وان وفرته = $\frac{١٥}{٣}$ = ٥ حيث ان النوع أ وجد فقط في ٣ مربعات) نبات / مربع .

– وان كثافته = $\frac{١٥}{٥}$ = ٣ (حيث ان النوع أ درس في مجموع خمس مربعات) نبات / مربع.

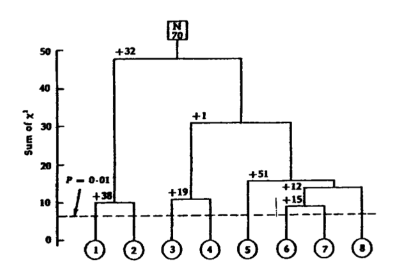
ويصار إلى دراسة كل نوع على حدة بهذه الطريقة ... وهكذا .

وترصد هذه البيانات في جداول خاصة ليقوم الباحث بعملية التحليل البيئي Ecological Analysis ، ويستعمل العلماء والباحثون طرق عديدة لتحليل البيانات ومن اهمها طريقة التحليل التجميعي Cluster analysis.

وتبين الاشكال (٧–١٠) و (٧–١١) دقّة ما يمكن دراسته عن طريق اتباع مثل هذا النوع من التحليل المعلوماتي .

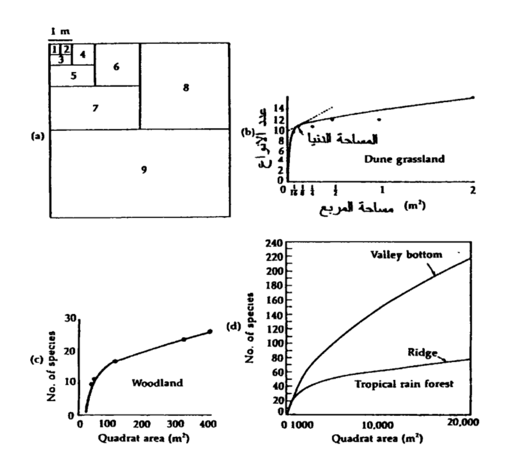


الشكل (٧-١٠) التحليل الإحصائي لـ ٢٥ موقع بيئي . ويبين الشكل الترابط Association بين المجمعات المختلفة . فيلاحظ وجود (١٥) ترابط بين المواقع البيئية تجاوزت العتبة رقم (١) وهناك ترابطين فقط لموقعين تجاوزا العتبة رقم (٣) . وتجدر الإشارة هنا أن هذا التحليل يمكن عمله بسهولة عن طريق الحاسوب .(Barbour *et al.* 1987)



الشكل (٧-١١) التحليل الإحصائي لـ ٧٧ نوعاً درست بواسطة ٧٠ مربعاً في إحدى المستنقعات المالحة . ويبين الرقم ٣٢$^+$ (في أعلى الشكل) عدد المربعات التي تحتوي على النوع رقم ٣٢ وهو (*Pnccinellia maritima*) بينما الرمز ٣٨$^+$ يبين النوع (*Spergaularia media*) وهكذا . والأرقام من ١-٨ داخل الدوائر تبين أن الأنواع قد ضُمت في ثمانية مجاميع متشابهة كل مجموعة تبين ترابط معين . (Barbour *et al.* 1987)

ومن الطرق المشهورة عالمياً للمسح البيئي طريقة ريليفية Releve' Method التي طوّرت من قبل Braun - Blanquet والتي تتلخص في استعمال مربعات صغيرة متداخلة (الشكل ٧-١٢) حيث يبدأ الباحث بمربع صغير ومن ثم اكبر على ان يشمل المربع الأول وهكذا كما هو موضح في الشكل وهذه الطريقة دقيقة جداً ومن اهم ميزاتها انها :



الشكل (٧-١٢) طريقة المربعات المتداخلة وكيفية حساب

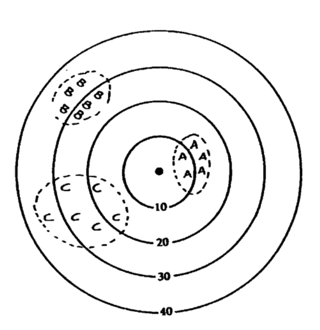
مساحة النوع من المنحنى لأنواع مختلفة من الأنماط النباتية (Barbour *et al.* 1987)

١ - لا تدع مجالاً لاهمال انواع لم تدخل الإحصائيات في الطريقة الكلاسيكية الاولى .

٢ - يمكن حساب اصغر وحدة مساحية Minimal area ومعرفة الانواع الحياتية الخاصة بها .

٣ - يمكن حساب منحى الانواع Species - area curve كما في الشكل ومقارنة منحى الانواع المختلفة التي يتألف منها المجتمع الحياتي وحساب المعايير الأخرى مثل التردد والوفرة والكثافة والتنوع الحيوي بنفس الطريقة السابقة .

هناك طريقة اخرى تعرف بـ عين الثور Bulls' Eye Method (شكل ٧-١٣) حيث تستعمل الدوائر (٧-١٣) بدل من المربعات وتستخدم هذه الطريقة لمعرفة الانواع التي تختفي كلما بعد الباحث عن المركز وهي طريقة رديفة لطريقة 'Releve.



الشكل (٧-١٣) الطريقة المعروفة بعين الثور حيث تشير النقطة السوداء في منتصف الدوائر للمركز والخطوط الدائرية تمثل مجال العمل حيث تبتعد الدوائر مسافات مدروسة عن المركز ومن ثم ترصد الأنواع وتحلل بالطرق آنفة الذكر (Barbour *et al.* 1987)

ويجدر الاشارة ان هذه الطرق تستعمل لقياس وتحليل ارض الغابة والغطاء العشبي Herbaceous ولا تدخل الاشجار في التحليل المذكور . اما بالنسبة للمجتمعات الحيوانية فيمكن بسط المصائد في مربع كبير بحيث تكون المسافة بين المصائد معلومة وثابتة ويصار إلى تسمية هذا المجمع من المصائد بشبكات الصيد Grids ويشابه المربع الذي استخدم في دراسة المجتمعات النباتية ويمكن نقل الشبكة بعد فترة معينة حتى يتمكن الباحث من تغطية الرقعة البيئية ويكون قد حصل على عينات ممثلة للمجتمع أو النظام البيئي المراد دراسته .

٢ – طريقة الخطوط المستعرضة Line Transict Method

وتستعمل هذه الطريقة لدراسة المجتمعات البيئية والتي تتميز بتنوعها الحيوي المرتفع مثل مناطق الغابات ومجتمعات الاعشاب الكثيفة والقصد منها دراسة الحافة Edge والمناطق الأنتقالية Ecotones والكائنات الحية التي تتواجد في المناطق الانتقالية Ecotypes .

وتتلخص هذه الطريقة بمد حبل يتفق على طوله (غالباً من ١٠ – ٥٠م) وتُعين نقطة البداية حيث يُمد هذا الحبل ويقوم الباحث بدراسة الأنماط النباتية التي تقع تحت الحبل مباشرة ويقوم الباحث ايضاً برصد المعلومات مثل الغطاء النباتي ، الطول ، محتوى الانواع وعدد الأفراد التابعين لكل نوع كما في طريقة المربعات . بعد ذلك يقوم الباحث بتثبيت نهاية الحبل لتعتبر نقطة بداية لحبل آخر حيث ان كل مرة يُمد فيها الحبل تعتبر مساحة بيئية جديدة تتم دراستها كما حصل سابقاً ويشار إلى كل ١٠ متر مثلاً بالوحدة Unit والتي تماثل المُربع في طريقة المربعات في رصد وتحليل المعلومات كما ورد سابقاً .

اما بالنسبة للمجتمعات الحيوانية فيستطيع الباحث ان يضع المصائد على شكل خط مستقيم Linear traps ويشابه ذلك طريقة الخطوط المستعرضة في المجتمعات النباتية .

الفصل الثامن

تنوع المجتمعات الحيوية

The Diversity of Biotic Communities

٨:١ البيئات المائية Aquatic Biomes

٨:١:١ المحيطات Oceans

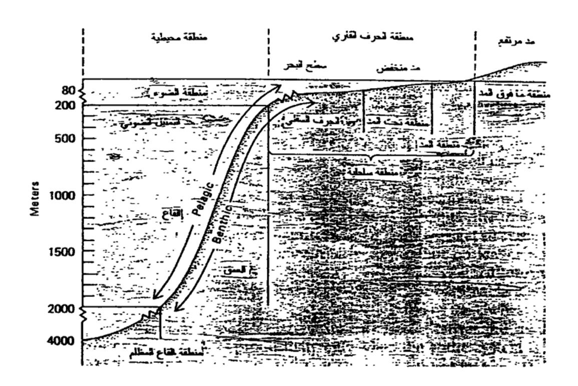
تغطي محيطات العالم ٧٠٪ من سطح الارض وتعد من اقدم واضخم النظم البيئية على الارض . وتشمل هذه المحيطات على تشكيله هائله من الكائنات الحيه التي تتأثر من ناحية الوفره والتوزيع بالعوامل المختلفة : الضوء ، المواد المغذية ، درجة الحرارة، حركة المد والجزر ، التيارات المائية . ويختلف تأثير هذه العوامل من منطقة الى اخرى ويمكن تمييز ثلاث مناطق حيويه ابتداءاً من منطقة الساحل الى عمق المحيط (الشكل٨-١) .

١ - منطقة ما بين المد والجزر Intertidal zone او المنطقة الساحلية التي تمتد بين أعلى نقطه يصل اليها الماء وقت المد وأدنى نقطه يصل اليها الماء وقت الجزر ولذلك فهي تُغمر بالمياه وتتكشف يومياً . وتكون هذه المنطقة غنيه بالاكسجين الذائب والمواد العضوية وتكثر فيها الحيوانات الحفاره التي تقطن الانفاق مثل السرطانات والقواقع وبعض الرخويات والديدان في الشواطىء الرمليه . وفي الشواطىء الصخريه تعيش الكائنات الحيه التي تلتصق بالسطوح مثل الطحالب الخضراء والبنيه والحمراء والمحار وغيرها . وتكون الانتاجية البحريه هنا في اوجها مقارنة بالمناطق الحيويه الاخرى .

٢ - منطقة الجرف القاري Neric zone وهي المنطقه المحصوره بين خط الجزر والجرف القاري ، واقصى عمق تصل اليه هو ١٨٠م فقط . وتتميز الحياه هنا بتنوعها ووفرتها بحيث تعيش فيها معظم انواع الاسماك . والانتاجية هنا عاليه نسبياً ويرجع ذلك الى وفرة النترات Nitrate في هذه البيئه من جهه (مصدر النيتروجين في عملية

التركيب الضوئي) وضحوله مياها من جهه اخرى مما يسمح لإختراق الاشعة الشمسيه لهذه المياه .

٣ – المنطقة المحيطية Oceanic zone وهذ المنطقة تتضمن ما وراء الجرف القاري من مياه عميقه ، ورغم انها تشكل حوالي ٩٠٪ من المحيط الا انها تكاد تكون عديمة الانتاجية ، اذ لا تتوافر فيها المواد اللازمة لعملية التمثيل الضوئي . ورغم ان هناك منطقة مضاءة من الماء قد يصل عمقها الى ١٠٠م فان انتاجيتها قليله جداً وذلك لقلة مواد النترات فيها ، الا ان هذه المنطقة تحتوي على تشكيلات متناثره من الحياه البحريه . ومن ناحية اخرى فان الانتاجية المحيطية تزداد بدرجة كبيره في مناطق النبع Upwelling حيث تجلب تيارات الاعماق المواد المغذية (ومنها النترات) باتجاه السطح حيث المنطقة المضاءه وهذا يحصل على سبيل المثال عند الاقتراب من القطب الجنوبي والذي يجعل من بحار القطب الجنوبي وفيرة الانتاج .



الشكل (٨–١) تقسيمات المناطق البحرية (Villee, 1985) .

وتشكل الهوائم النباتية Phytoplanktons القاعدة الاساسيه للسلاسل الغذائية في المحيطات حيث توجد بلايين الاطنان من هذه الكائنات تتغذى عليها الحيوانات الطافيه Zooplanktons والتي يتغذى عليها بدورها حيوانات طافيه اخرى ومن ثم تستمر السلسلة الغذائية بأسماك صغيرة فاسماك اكبر وهكذا . وتتميز الحيوانات التي تعيش في المناطق المحيطيه بالقدرة على السباحه، وذلك للبحث عن الغذاء كما تشمل الكثير من التكيفات التي تستخدمها في الدفاع عن نفسها أو في الهجوم على فريستها.

وتشكّل نسبة الملوحة في مياه المحيطات حوالي ٥ر٣٪ وتكون عباره عن املاح صوديوم ومغنيسيوم وكالسيوم على هيئه كلوريدات وكبريتات وبروميدات وبايكربونات . ويشكل ملح الطعام حوالي ٨٠٪ من الملح الكلي الذائب في الماء ، ونظراً للتركيز الملحي العالي لماء البحر فقد طورت الكائنات البحريه اجسامها فسيولوجياً لطرح الاملاح الزائده والحفاظ على الانسجة وسوائل الجسم بتراكيز ملحيه مناسبه . فتقوم بعض الاسماك بطرح الاملاح عبر الخياشيم وتحتفظ اسماك القرش بتراكيز ملحيه مشابهه لماء البحر وتمتلك العديد من الزواحف والطيور والثدييات البحريه اجهزه بوليه او غُديّة لطرح الأملاح ، فعلى سبيل المثال تقوم السلاحف البحريه والعديد من الطيور البحريه بافراز املاح عاليه التركيز عن طريق الغدة الدمعيه ، اي انها تفرز دموعاً ملحيه .

ورغم ضخامة انتاجية المحيطات وخصوصاً المناطق الساحليه منها الا انها تأثرت بالتلوث عن طريق ناقلات النفط العملاقه والنفايات الصناعيه والمنزليه التي تصل البحر عن طريق مياه المجاري . ولقد إستنفذت جماعات عديده من الاسماك والاحياء عن طريق الصيد المفرط مثل سمك القد والسردين والتن ، كما ان انواع عديده من الحيتان اصبحت مهدده بالانقراض .

٨:١:٢ الجداول والانهار Streams and Rivers

تعد الجداول والانهار النظام الوعائي للكرة الحيه وهي عباره عن انظمة نقل جاريه تربط اليابسه بالمحيط ، وتحمل هذه الانهار مواد عضوية وتوفر مجموعة معقدة من المواطن البيئية لمعظم الكائنات الحيه .

ويكوّن الحتات Detritus (أي الماده العضويه القادمه من اليابسه) ، المادة الغذائية الاساسيه في الجداول نظراً لقلة الانتاجية الاوليه للانهار لعدم قدرة المنتجات على العيش بسبب حركة المياه السريعة والدائبه ، (باستثناء الانهر الكبيره بطيئة الجريان او الجداول كثيره الغذاء المكتظة بالطحالب والنباتات المائيه الاخرى) . وبالتالي تكون السلاسل الغذائية رمية بالاساس Detritus food chains ، حيث تتغذى الديدان والقشريات والرخويات ويرقات الحشرات على حتات المواد العضوية الموجودة على هيئة بقايا اوراق وسيقان نباتيه ، وتتغذى على هذه حيوانات اكلات لحوم مثل الاسماك والبرمائيات والتي تمثل غذاءً لمفترسات كبيره مثل الاسماك والطيور والثدييات .

ومن العوامل المحدده الاساسيه في البيئه النهريه هو اختلاف سرعة تيار الماء من جزء لآخر من النهر . ففي المنابع تكون عادة القنوات المائيه ضيقه وشديده الانحدار لذا تظهر الشلالات ، وعليه تكيفت الاحياء المائيه للبقاء ضمن ظروف الحركه القويه للتيار المائي ، اذ يميل بعضها للالتصاق بصخور قاع النهر كالطحالب الخضراء والقواقع. وحين تقل سرعة اليتار المائي او/و تزداد المجاري المائيه اتساعاً تظهر الرواسب في القاع وترتفع الانتاجية البيئية وتظهر انواع مختلفة من الاسماك والنباتات الطافيه التي لا تحتمل السرعة الشديدة للتيار .

وقد ادى القاء الفضلات والنفايات في الانهار والتفاف المجتمعات الصناعيه حولها الى تلوث مياه الانهار ، الا ان لمعظم الانهار القدره الفعاله على امتصاص التغيرات اذ لم تكن مثقله بالملوثات ، وذلك بسبب حركة الماء الدائبه والتكيف الذي يطرأ على المجاميع النباتيه والحيوانيه . غير ان الضغوط البيئيه المستمره على الانهار من قبل الانسان قد تفقد الانهار القدره على امتصاص التغيرات وقابلية واسترجاع الوضع الطبيعي.

٣:١:٨ البحيرات والبرك Lakes and Ponds

تعتبر البركه والبحيره مناطق مطوقه لها حدود ارضيه واضحه ويكون لها دفق داخل ودفق خارج ولها انماط مختلفه من دوران المياه ضمن حدودها . وهكذا فان مياها لا تكون ساكنه لكنها تفتقر عاده للجريان الطولي المستمر كجريان الانهر .

ويتباين حجمها من اقدام قليله الى اجسام هائله . وتتأثر الاحياء الموجوده في البرك والبحيرات بعمق الحوض وطبيعة تضاريسه الارضيه وكذلك نوعية المياه ودرجة الحراره والضوء .

ان بمقدور البرك ايواء اعداد هائله ومتنوعه من الحيوانات والنباتات نظراً للنسبه العاليه من التدفق العضوي (من الاراضي المحيطه) . كما ان البرك تكون ذات حساسيه للإثراء الغذائي وللنمو النباتي المفرط Eutrophication بسبب ازدياد التدفق العضوي وخصوصاً ذلك الذي يكون من قبل الانسان (عن طريق طرح الفضلات والرواسب الغنيه بالنترات) . وبالتالي يزيد الانسان من سرعة تعاقبها البيئي نحو المستنقعات ، وخصوصاً اذا تزايدت معدلات تعريه التربه بسبب سوء ادارة استغلال الاراضي مما يزيد الدفق الداخل من الطمي فيزداد الترسيب وتتحول البحيره الى مستنقع .

والبحيرات لا تختلف عن البرك بالمظهر ولكنها تعد اكبر حجماً ويمكن فهمها بدراسه المناطق الافقيه والرأسيه Zonation فاعتماداً على مقدار اختراق الاشعه الشمسيه يمكن التعرف على المناطق التاليه :

١ – المنطقة الساحليه Littoral zone وتتميز بوفره الاشعه الضوئية بحيث تستطيع النباتات العيش مثل التيفا *Typha* السمار *Juncus* والردى *Carex* ... الخ ، وايضاً هناك نباتات مغمورة ونباتات مائية طافيه على طول حافات البحيره .

٢ – المنطقة المائيه المضاءة Limnetic zone وهي ذلك العمق من الماء الذي يستطيع ان يتخلله الضوء . وتعيش في هذه المناطق الطافيات النباتيه والحيوانيه والحيوانات السابحة التي تعيش على سطح المياه Neustons وكذلك التي تعيش في اعماق المياه Nektons وغالباً ما تكون من الاسماك وقد تفقد هذه المنطقه في البرك الضحله .

٣ – المنطقه القاعيه المعتمه Profundal وهي منطقه القاع العميقه التي تأتي بعد خط اختراق الضوء لذا تكون معتمه وقد لا تتكون في البرك ولكنها موجوده في البحيرات .

ونتيجة لعدم وجود الضوء لا بد ان تعتمد أحياء هذه المنطقة في غذائها على

المنطقة الساحليه والمضاءه . وقد يعيش فيها بعض الديدان الحلقيه والمحارات الصغيره ، ويوجد اعداد هائله من البكتيريا والفطريات التي تعيش في ترسبات البركه وتتغذى على المواد العضويه .

واعتماداً على درجات الحرارة في فصل الصيف يمكن أن تتميز البحيرات الكبيرة بالمناطق الحياتية (= الحزم الحياتية) التالية :

أ – الطبقه الفوقيه Epilimnion وتمثل الطبقه العليا جيده التهويه والغنيه بالاكسجين والتي تكون مياها دافئة وتكون ذات بناء ضوئي نشط .

ب – الطبقه التحتية Hypolimnion وهي الطبقة السفلى التي يقل فيها الاكسجين وتكون مياها بارده وتكون بدون بناء ضوئي نشط .

جـ – طبقه التغير الحراري Thermocline وهي منطقة انتقاليه بين الطبقه الفوقيه والتحتيه وتفصل التغير الحراري السريع بين اعلاها واسفلها .

وتتم عملية خلط المياه السطحية والسفلية في فصلي الخريف والربيع . ففي فصل الخريف يبرد سطح الماء وتتجانس نسبياً كثافة الماء ودرجة الحرارة بين الطبقتين فتقوم الرياح بتكوين دوره مائيه تعمل على نقل مياه الطبقه السطحيه الغنيه بالاكسجين وبعض الكائنات الحيه الى الاسفل باتجاه القاع ، ورفع مياه الطبقه السفلى ذات الاكسجين المستنزف الى سطح البحيره وتسمى عملية الخلط هذه بالانقلاب الخريفي Fall turnover . وخلال فصل الشتاء يبرد سطح الماء وقد يتجمد . ومع حلول فصل الربيع يذوب الجليد ويصبح الماء السطحي دافئاً ، ومع ارتفاع درجة الحراره تزداد كثافه الماء السطحي ويزداد وزنه ومن ثم يهبط الى الاسفل باتجاه قاع البحيرات ، كما وتساعد الرياح على حدوث ذلك ، ويسمى هذا الخلط بالانقلاب الربيعي Spring turnover .

ولذا يحدث الخلط بين مياه الطبقتين الفوقيه والتحتيه مرتين في كل سنه وهذا ضروري لحياه الكائنات الحيه التي تعيش في الاعماق حيث يتم تعويض الاكسجين المستنزف في الطبقه السفلى ، وكذلك تساعد دوره المياه على انتقال المواد المغذيه وبخاصة النيتروجين والفوسفور من قاع البحيره باتجاه السطح مما يزيد من انتاجية

الطافيات الخضراء والطحالب ، وكذلك تساعد على انتقال الكائنات الحيه من الطبقه العليا والتي تعتبر فرائس لكائنات المنطقه السفلى . ويمكن تصنيف البحيرات بطرق عديده ، وبصورة خاصه تبعاً لدرجات حرارتها وانتاجيتها :

أ – بحيرات ضحله ذات مياه دافئه وانتاجية عاليه وتدعى كثيرة الغذاء Eu-trophic lakes وبسبب الانتاجية العاليه يتدهور الاكسجين الذائب في الماء وقد يؤدي الى موت الكائنات الحيه الاخرى .

ب – بحيرات عميقه ذات مياه بارده وغير منتجه نسبياً وتدعى ضحلة الغذاء Oligotrophic lakes . حيث تكون الطبقه التحتيه اكبر من الفوقيه وتكون النباتات الساحليه نادره وتميل كثافه الهوائم لان تكون قليلة .

٨:١:٤ المصبات Estuaries

تعد المصبات اجساماً مائيه يختلط فيها الماء العذب القادم من اليابسه مع ماء البحر ويحدث له تخفيفاً في نسبة الملوحة . لذا فهي انتقاليه بين المياه العذبه والمياه البحريه المالحة مما يجعلها بيئه ذات ميزات خاصه . وتتصف الكائنات الحيه التي تعيش هنا على انها قادرة على تحمل التغيرات التي تطرأ على درجة حراره المياه ودرجة ملوحتها ومعدل تركيز الرواسب العالقه فيها ، حيث المياه هنا ديناميكيه وغير مستقره .

واهم ما يميز المصبات ان مستويات المواد الغذائية عاليه ، نتيجة غسل المواد العضويه والمواد الكيميائيه الزراعيه من الاراضي المجاوره الى المصب ، والتي تهيء بدورها وسطاً مناسباً لنمو النباتات ، خصوصاً ان المياه عادة ليست عميقه وتستطيع الشمس اختراقها وبالتالي تكون ذات انتاجية عاليه . وابرز نباتاتها : النباتات الطافيه (عباره عن طحالب دقيقه في المنطقة المضاءة) ، والنباتات الوعائيه (تكون على شكل اعشاب مغمورة ذات جذور ملتصقه بالقعر) والنباتات المعلقة (عبارة عن طحالب دقيقه متعلقة باوراق وسيقان نباتات او اي مواد عالقه اخرى) . وتسود المجتمع الحيواني للمصب مجموعات حيوانيه قاعيه من السرطانات والمحارات والديدان الحلقيه ، وفي الماء الاوسط تتواجد قناديل البحر والاسماك . وهناك الاسماك التي تميل للحياه البحريه

طيلة فترة حياتها لكنها تتناسل وتتكاثر في المصبات او المياه العذبه ، وهي تمثل انواعاً مهمه من الناحيه التجارية . وقد تدخل اسماك القرش والدلفين الى المصبات بشكل موسمي للحصول على الغذاء .

وتعاني المصبات حالياً من التلوث والاستخدام التجاري حيث تقع الكثير من المدن الكبرى على مصبات مائيه . حيث تستخدم للاغراض السياحيه والتجاريه والصناعيه ، وقد استخدمت لطرح المخلفات الصناعيه ومياه المجاري المنزليه وكمياه تبريد لمحطات القوى الكهربائية ومناطق استجمام لعدد كبير من السكان . ومع ذلك لا يزال عدد قليل من هذه المصبات ينتج الاسماك والمحارات للاستهلاك البشري .

٨:١:٥ المستنقعات Swamps

وتتكون المستنقعات نتيجة لاحدى العوامل التاليه :

١ – تجمع الامطار الكثيفه على سطح الارض .

٢ – تدفق المياه الى سطح التربه وخصوصاً في المناطق القريبه من المياه الجوفيه .

٣ – الترسبات العضويه وغير العضويه في البرك والبحيرات .

ومن اشهر النباتات الزراعيه التي تعيش في المستنقعات الموجوده في المناطق المعتدله والحارة الأرز ، الذي يشكل ماده غذائيه اساسيه لكثير من شعوب العالم . كما تعيش نباتات طبيعيه حول المستنقعات مثل القصيب وانواع من الشجيرات والاشجار . وتلعب نباتات المستنقعات دوراً مهماً في تصنيع الورق حيث تحتوي على نسبه عاليه من السليلوز . وتتميز انتاجية المستنقعات بأنها عاليه نظراً لاحتوائها على الكثير من المواد العضويه وبسبب التهوية العاليه للجذور حيث ان جذورها ليست عميقه في التربه .

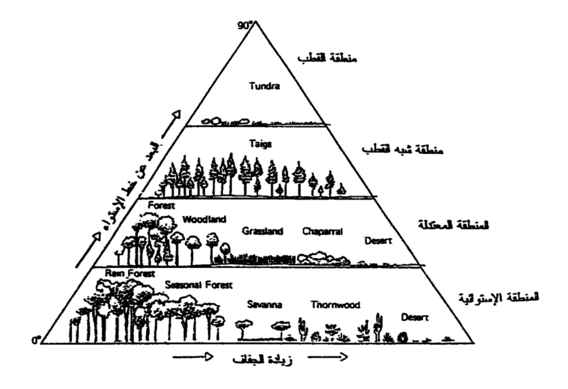
وتتجمع المواد العضوية وبخاصة الناتجة عن النباتات على سطح التربه تحت المياه مكونة مادة الخث Peat وهي مادة اسفنجيه تحتوي على الكربون بنسبه ٥٥٪ وتستعمل في بعض المناطق كمصدر للطاقه ، ويكون لها اهمية بيئيه اذا تراكمت عبر الازمان الجيولوجيه حيث تحفظ بين طبقاتها العديد من المستحاثات Fossils التي تعبر عن

المجتمعات القديمة . وتعيش في المستنقعات انواع عديده من الحشرات ، التي قد تكون ضاره ، كالبعوض كما وتتواجد السحالي والضفادع والتماسيح والافاعي المائيه الضخمة . ويعيش حول مستنقعات المناطق البارده اصناف عديده من الاسماك والطيور والحيوانات البريه التي تشكل مصدراً بروتينياً جيداً .

هذا وقد اختفت مساحات واسعه من اراضي المستنقعات في مختلف دول العالم بسبب تجفيفها للاستفادة منها في الزراعه بينما تنبهت بعض الدول المتقدمة الى دور المستنقعات في البيئه فعملت على حمايتها ومنعت تجفيفها .

٨ : ٢ بيئات اليابسة Terrestrial biomes

يبين الشكل (٨-٢) توزيع الاقاليم الرئيسية على اليابسه كما ويبين كيفية توزيع هذه الاقاليم اعتماداً على خطوط الطول والعرض من جهة والارتفاع عن سطح البحر من جهة اخرى .



الشكل (٨-٢) توزيع الأقاليم الرئيسية على اليابسة (Arms & Camp, 1982).

٨:٢:١ التندرا Tundra

وتعني المنطقه البيئيه خالية الاشجار وتقع في اقصى شمال الكره الارضيه في المنطقة القطبيه . وتمتاز بشتاءٍ قارص وجاف لا يسمح بنمو الاشجار ويكون الثلج مغطياً منطقة التندرا لذا تعرف بالصحراء المتجمدة . اثناء فترة الربيع والصيف تبدأ مياه التربة المتجمده بالذوبان حتى عمق يتراوح ما بين ٣٠ - ٥٠سم ، اما الطبقه السفليه للتربه فتبقى متجمدة طول السنه وتسمى بطبقة الجمد السرمدي Permafrost الامر الذي لا يسمح للجليد الذائب من التغلغل داخل التربه ، لذا تتجمع هذه المياه في المناطق المنخفضة مكونة بحيرات صغيره ومستنقعات .

وتتميز التندرا القطبيه Arctic بأنها معدومه الحياة نسبياً خلال فصل الشتاء الطويل المظلم البارد الذي تكون فيه النباتات غير فعاله . وتبقى الحيوانات على قيد الحياه اما بالإختفاء بالحفر تحت الثلج او الجليد او بالهجره الى مناطق ذات مناخ اكثر ملائمة . وخلال الصيف القصير (ابتداءاً من نهاية ايار الى نهاية تموز) تصبح التندرا ذات انتاجيه عاليه للحياه الحيوانيه والنباتيه معاً حيث الساعات الطويله للضوء ودرجات الحراره الدافئه ، فتزهر النباتات وتفقس الحشرات بالملايين وتتغذى في السبخات والمستنقعات والتي بدورها تشكل غذاءاً للطيور التي تصل بأعداد كبيره في فصل التكاثر الصيفي القصير .

اما النباتات السائده فهي الاشنات والحشائش وبعض الشجيرات القزميه وبصوره خاصه الصفصاف القزمي *Salix* sp. والتوت البري *Vaccinium* sp. . ومن حيوانات المنطقة غزلان الرنه ***Rengifer tarandus*** ووعل المسك ***Moschus ochse*** (الذي لا تزيد اعداده في الوقت الحاضر عن الف رأس) ، ويشكل هذان الحيوانان المؤونه الاساسيه للانسان القطبي . بالاضافة الى هذه الحيوانات ، تعيش في التندرا الذئاب القطبيه والارانب القطبيه والثعالب القطبيه والطيور، وتغزو التندرا في فصل الصيف اعداد ضخمه من طيور الماء (البط والوز) للتناسل بجوار المستنقعات وتجمعات المياه كما تكثر الحشرات كالبعوض والذباب الأسود .

٨:٢:٢ الغابات Forests

يغطي اقليم الغابات حوالي ثلث اليابسه على الكره الارضيه وتعتمد هذه الغابات في نوعيتها وتوزيعها على المناخ والتربه .

٨:٢:٢:١ الغابات الصنوبريه الشماليه Northern coniferous forests

هذه الغابات هي اكثر الغابات بعداً نحو الشمال وهي منطقة حيويه لنباتات دائمه الخضره وذات اوراق ابريه ، تجاور منطقة التندرا ، وغالباً ما تجاور الغابات متساقطه الاوراق في الارتفاعات العاليه في نصف الكره الشمالي ، حيث تلتقي هذه المناطق الثلاث . والغابه الصنوبريه الشماليه تحتل اجزاء رئيسيه من آلاسكا وكندا واسكندنافيا وسيبيريا (بين خطي عرض ٥٠-٦٠ شمالاً) . ويمتاز المجتمع النباتي بسيادة اشجار التنوب والصنوبر والشوكران لتشكل ما يسمى بالتجة Taiga لذا تعرف أحياناً بمنطقة التيجة . ومناخ هذه المنطقه بارد ، ومعظم الهطول يسقط على هيئة ثلج ، وتكون الغابه ذات مناخ رطب بسبب انخفاض درجة التبخر . وتبلغ كميه الطاقه المنتجة في الغابات الشماليه ٥-٦ اضعاف تلك التي في منطقة التندرا .

ويتكون الغطاء الارضي للغابه من الاشنات والحشائش والاعشاب المتكيفه للبروده ولقلة الضوء (بسبب تشابك الاشجار) ، ويكون التحلل لطبقة الأوراق الموجوده على ارضيه الغابه بطيئا ، ويميل قاع الغابه لتجميع طبقه من المواد العضويه الميته ذات قدره فائقه للاحتفاظ بالماء .

ونظراً للانتاجيه العاليه للغابه فانها تمتاز بتنوع للحيوانات لكنها لا تزال تتميز بتغير موسمي كبير وتذبذبات جماعيه واسعه وخصوصاً في الثدييات وتشمل : الارنب ذي القبقاب الثلجي *Lepus americanus* والوشق *Lynx canadensis* والسناجيب *Sciurus* والسنسار *Martes americana* والدلق *Martes pennanti* والذئب *Canis lupus* وايل الغابات *Rangifer caribou* والوعل *Odocoilens* sp. والموظ *Alces americana* والدب الأسود *Ursus americana* .

٨:٢:٢:٢ الغابات المتساقطه الاوراق Deciduous forests

توجد هذه الغابات في كل من نصفي الكره الارضيه وتقع منطقة الغابات المتساقطه الاوراق في خطوط العرض الوسطى من منطقة المناخ المعتدل ، وبشكل كبير في الولايات المتحدة وآسيا الشرقيه واوروبا الوسطى . ويعزي تنوع النباتات والحيوانات الى المناخ الرطب المعتدل ، ويتراوح سقوط المطر بين ٣٠-٦٠ بوصه في العام . وتمتاز الاشجار بارتفاعها الذي يتراوح بين ٤٠-٥٠ متراً والتربه عميقه نسبياً ، وتنمو على جذوع الاشجار انواع من الطحالب والأشنات وتسقط النباتات في هذه الغابات اوراقها تكيفاً مع ظروف الطقس البارد وندره الماء .

والغابات تتألف من انواع من البلوط *Quercus* sp. ومن الـزان الحرجـي *Fagus silvestris* في منطقه اوروبا ومن القبقب *Acer* sp. والبلوط والزان (تختلف عن الانواع الموجوده في اوروبا) في امريكا الشماليه . ان التنوع الشديد للاشجار في غابات امريكا الشماليه يعطي للطبيعه جمالاً خاصاً في فصل الخريف حيث تتلون اوراق كل نوع من الاشجار بلون خاص يتراوح بين الاصفر والاحمر ، مؤلفه لوحه فنيه طبيعيه من الالوان . وعلى عكس منطقة الغابه الصنوبويه فضوء الشمس يخترق الاشجار الى ارضيه الغابه سامحاً بذلك لطبقة كثيفه من الاعشاب والحشائش بالنمو .

وتمتاز الحياه الحيوانيه بتنوع عالٍ وخصوصاً في أرضية الغابه حيث ثبات الرطوبه والحراره تقريباً . فاللافقاريات كالخنافس والقواقع والعناكب والنمل وكذلك الافاعي والسحالي تنتشر على ارضية الغابه بكثافه عاليه وتوجد الفئران والزبابات والسنجاب الأرضي والثعالب كحيوانات تحفر في التربه لتجد الغذاء والمأوى ، كما ويوجد السنجاب الذي يبني اعشاشه في قمم الاشجار . ومن الثدييات الكبيره يوجد انواع من الايل واليحمور والخنازير البريه والدببه ، وتوجد الطيور التي تقطن الغابه على مدار العام مثل الحسون وكاسرات الجوز ونقار الخشب والبوم والغراب والديوك .

٨:٢:٢:٣ الغابات الاستوائية المطيره Tropical rain forests

تظهر هذه الغابات في أواسط امريكا الجنوبيه وافريقيا وشرق الانديز واجزاء من

جنوبي آسيا . ويتوافر في هذا الاقليم طوال السنه ظروف مناخيه ملائمه لنمو هذه الغابات كدرجات الحراره والرطوبه العاليه . فمعدل درجات الحراره السنوي لا يقل عن ٢٠م ومعدل سقوط الامطار يتراوح بين ١٥٠٠ - ٤٣٠٠ ملم وتتراوح الرطوبه النسبيه بين ٧٥ و ٨٠٪ ، لذا نجد انتاجية هذا النظام البيئي عاليه جداً مقارنة مع النظم البيئية الاخرى (انظر الجدول ٣-١) . اما تنوع الحيوانات والنباتات فهو عالٍ جداً بسبب قدم هذه المجتمعات الحيويه الذي لم يطرأ عليها اي تغيير في المناخ ، وبسبب تنوع مصادر الغذاء والتنوع الشديد في المساكن الاعشاش البيئيه Niches . وتبين الدراسات بان هناك ٧٠٠ نوع من الاشجار في غابات الكاميرون ، ١٥٠٠ نوع في غابات سريلانكا و ٢٠٠٠ نوع في ماليزيا وحوالي ٢٥٠٠ نوع في غابات الامازون ، بينما يبلغ عدد انواع الاشجار في الغابه متساقطه الاوراق بين ١٥-٢٠ نوع وقد اظهرت دراسه لجزيرة باروكولورادو في منطقة قناة بنما الواقعه على مساحة ٦ اميال مربعة انها تحتوي على : الاشجار (١٢٠٠ نوع) ، الحشرات (٣٠٫٠٠٠) ، الطيور (٣١٠) ، البرمائيات (٣٢) ، الزواحف (٦٨) ، الثدييات (٧٠) نوعاً .

وغالباً ما تكون اشجار مثل هذه الغابات عملاقة وتسمى الباسقات Emer-gents والتي تمتد فوق الطبقة العلويه الى ارتفاع ٢٥٠ قدم وغالباً ما يكون هناك طبقة وسطى (٥٠-٧٠ قدم ارتفاع عن سطح الأرض) وطبقه ارضيه (٢٠ قدم ارتفاع عن سطح الأرض) . وتشكل الغابات الاستوائية في كثير من الاحيان - نظراً لكثافتها - مظله من الاشجار تمنع الضوء من الوصول الى ارضية الغابه وبالتالي تعيش هنا نباتات الظل التي لا تحتاج لكميات كبيره من الضوء . وعند سقوط الاشجار او قطعها فانها تدمر الكثير من الاشجار الصغيرة فاتحة المجال لمرور الاشعه الشمسيه مدّمرة بذلك نباتات الظل ويبدأ مع هذه العملية التعاقب الثانوي . وان ما يعرف بصورة شائعة بالادغال الاستوائيه الكثيفه ما هو سوى مجتمع نباتي متنوع في اطوار مختلفة من تعاقب اولي وثانوي . وتمتد الى جميع طبقات الغابه الاستوائية المطرية نباتات معترشة غزيرة وتسمى بالكروم الخشبية حيث تنمو مع الاشجار الاخرى متسلقة على جذوعها وعندما تبلغ الاشجار ارتفاعاً معيناً تتدلى النباتات المعترشه نحو الارض على هيئة سيقان حره مرنه . وتكون بعض هذه النباتات المعترشه حره المعيشه ولا تحتاج الاشجار

الا للدعم فقط ، الا ان انواعاً اخرى تظهر درجات متباينه من التطفل على الاشجار الداعمه . وتُوفر النباتات المعترشة في الغابات الاستوائيه طرق تنقل للعديد من الحيوانات : كالنمل والخنافس وحشرات اخرى والضفادع وافاعي الاشجار والقرده... الخ .

ويعيش في هذه الغابات انواع عديده من الطيور الزاهيه الالوان مثل الببغاء ، كما يوجد بعض الحيوانات اللافقاريه الضخمه والملونه حيث توجد انواع من الرخويات يزيد وزنها عن ١ كغم وبعض الفراشات التي يصل طولها عندما تفتح جناحيها الى ٣٠سم . وبالاضافه الى اهميه الغابات الاستوائيه كونها تحوي مناطق ايواء لأعداد هائله من الكائنات الحيه فهي مهمه ايضاً في توازن دورات الكربون والاكسجين وبالتالي في التوزان المناخي كما انها تعد مصدراً للاخشاب الثمينه . ويمكن الحصول على ثروة الاخشاب بوسطه الاداره الحكيمه حيث تسمح انتاجية الارض بالتعاقب الاولى والثانوي الذي يسير بسرعه ، اما اذا تم تجاوز حدود تحمل النظام البيئي الغابي فان قدرة الأرض للاحتفاظ بالماء تتلاشى ، وتتم تعريه التربه الاستوائيه الرقيقه بصوره سريعه وتكون عرضة للفيضانات الخطيره .

وتتميز قدرة الغابات الاستوائية الزراعية بانها محدودة والسبب يعود الى ان انتاجيتها الطبيعية المرتفعة تضيع في عمليات التنفس وعمليات الايض الطبيعية ، وقد قوبلت محاولات الزراعة بنتائج سلبية حيث تغسل مياه الامطار الكثيفة الطبقة السطحية للتربة وتصبح اما طينية او شبه صخرية .

٨:٢:٢:٤ الغابات المتوسطيه Mediterranean forests

يسود هذا الاقليم منطقة حوض البحر الابيض المتوسط ، وجنوب كاليفورنيا ، ووسط تشيلي وجنوب استراليا . ويتميز هذا الاقليم بالجفاف معظم فصول السنه وخاصة فصل الصيف ، وهطول معدلات متوسطه من المطر خلال الشتاء . والغابات التي تخضع للمناخ المتوسطي تتألف اساساً من اشجار دائمه الاوراق مثل الصنوبر الحلبي ***Pinus halepensis*** والصنوبر الثمري ***Pinus pinea*** والارز اللبناني ***Cedrus***

libani والسرو دائم الخضره *Cupressus simpervirens* والبلوط العادي *Quercus calliprinus*. الا اننا اذا دخلنا في تفاصيل الغطاء النباتي وخصوصاً في المناطق المتوسطيه الرطبه نجد غابات من الاشجار المتساقطه الاوراق مثل البلوط *Q. ithapu-rensis* الا ان مساحات هذه الغابات المتساقطه الاوراق اقل مقارنة مع مساحات الغابات دائمة الخضره .

وتتعرض الغابات في هذا الاقليم للتراجع والتدهور نتيجة لتأثير الانسان على مر العصور. ويتألف معظمها في الوقت الحالي من غابات مختلفة الكثافه ونمو اشجار وشجيرات دائمه الخضره تكون اوراقها محاطه بطبقه شمعيه تساعدها على الحد من عمليه فقدان الماء . ويطلق على هذه التكوينات الثانويه اسم ماكي Macchie للغابات حول المتوسط وشابارل Chaparal في كاليفورنيا حيث يسود المناخ المتوسط وميلي Mellee في جنوب استراليا. وتحتوي اوراق الاشجار على تراكيز عاليه من الشموع والفينولات والزيوت وغيرها من المواد التي تحد من التحلل والتي تؤدي الى تجميع المواد العضويه ذات القابليه العاليه للاشتعال ، وكنتيجة للجفاف ونشاط التنزه السائد في فصل الصيف تحدث الكثير من الحرائق في هذا الاقليم مما يسارع في تدهور هذه المناطق البيئية الغابية .

ويكون تنوع الحيوانات قليل في الغابات المتوسطيه حيث يعيش فيها انواع من الزواحف والطيور والحشرات كما يعيش عدد من الحيوانات التي قل عددها في الوقت الحاضر بسبب تدهور الغابات والصيد الجائر ومنها الغزلان وبعض الايائل والماعز الجبلي (البدن) والخنازير البرية والارانب وبعض انواع الطيور .

٨:٢:٣ الحشائش Grasslands

٨:٢:٣:١ حشائش الاقاليم المعتدله Temperate grasslands

يبلغ معدل سقوط الامطار في هذا الاقليم ٢٥٠ – ٧٥٠ ملم في كل عام وهذه الكميه هي أعلى مما يوجد في الصحاري لكنها لا تكفي للغابات ويشمل هذا الاقليم البراري Prairies في امريكا الشماليه والسهول العظمى وأراضي الحشائش الجافه

والسهول الآسيويه والافريقيه والبامبا Pampa في امريكا الجنوبيه . ومن النباتات المميزه النجيليات التي تتبع اجناس مختلفة *Ferstuca, Koeleria, Stipa* ولها جذور ناميه تسمح لها بالبحث عن الماء في عمق التربه . وفي امريكا الشماليه تسود النجيليات *Andropogon* في البراري ويمكن ان يصل ارتفاعها الى مترين .

وفي البلاد العربيه تتميز هذه المناطق بامطار تقل عن ٢٥٠ ميللتر في السنه وتنتشر فيها النباتات مثل حشيشه القمح *Agropyron* والشيح *Artemesia* والنميص *Carex* والقبأ *Poa* والروتا *Salsola* . كما توجد احياناً بعض الاشجار في المناطق الجبليه مثل البطم *Pistacia* والاجاص البري *Pyrus* واللوز البري *Amygdalus* .

وتتميز هذه المناطق بانها غنيه بالحيوانات العاشبه كبيره الحجم مثل الغزال والحصان البري والظبي في العالم القديم والبقر الوحشي في امريكا الشماليه . والحيوانات آكلة اللحوم تكون عادة صغيره الحجم مثل الثعلب والبوم . كما وتوجد انواع عديده من القوارض والثدييات التي تتميز بقدرتها على القفز والحركة السريعة .

٢:٣:٢:٨ حشائش الاقاليم الاستوائيه (السفانا) Savannah

تعتبر بيئة السفانا بيئة انتقالية بين الغابات المداريه وأراضي الحشائش . ومعدل هطول الامطار في هذا الاقليم متأرجح وقد يصل أحياناً الى ١٢٥٠ ملم ، ويمر على السفانا صيف جاف طويل يمنع تكون الغابات حيث تتكرر الحرائق خلال الصيف ، وتوجد السفانا بشكل واضح في شرقي افريقيا ، واستراليا وامريكا الجنوبيه ، وتعتبر هذه البيئه من اهم مناطق الرعي في العالم حيث تمثل الحشائش النمط النباتي السائد وقد يصل ارتفاعها إلى مترين . واهم الحيوانات الظبي والغزال والحمار الوحشي والزرافات والجاموس الامريكي والفيله والاسود والفهود ، كما توجد طيور راكضه مثل النعامه Ostrich في افريقيا والناندو Nandou في امريكا ، وتوجد الحشرات وكالنمل والجراد بشكل واسع .

٤:٢:٨ الصحراء Deserts

الصحراء عباره عن مجتمعات حياتية جافه يكون فيها معدل سقوط الامطار اقل من ٢٥٠ ملم سنوياً وتمتاز بمعدلات تبخر تفوق التهطال وكذلك بدرجات حراره مرتفعه . ومن اسباب وجود الصحراء :

١ – وقوع المنطقه في مناطق ضغط عال (مثل الصحراء الكبرى ، الصحراء الاستوائيه) .

٢ – وقوع المنطقه في ظل الامطار (صحراء موهاف والصحراء الايرانيه) .

٣ – التصحر بسبب الانشطه البشريه (الرعي المفرط ، ازالة الغطاء النباتي ، استنزاف الماء) .

وتتميز الصحاري بتباين حراري كبير سواءاً يومياً او فصلياً اذ ترتفع درجات الحراره نهاراً وصيفاً ارتفاعاً كبيراً وتنخفض في اثناء الليل وفي الشتاء . وتوجد صحاري حاره مثل صحاري المنطقه الاستوائيه (الصحراء الكبرى والصحراء العربيه) وصحاري بارده مثل الحوض العظيم في الولايات المتحدة وصحراء غوبي في آسيا . وتعد مشكلة نقص كميات المياه وتوزيعها واختلاف معدلات درجات الحراره اثناء الليل والنهار من اهم العوامل المحدده للكائنات الحيه التي تعيش في الصحراء . ففي حالة النباتات نلاحظ نمطين للحد من الجفاف :

١ – النباتات التي تتجنب الجفاف Drought evaders وهي نباتات حوليه تستطيع ان تمر بدورة البذره الى النبته بسرعه خلال فترة مطر صحراوي قصيره ، حيث يغسل المطر العامل المانع للنمو Growth inhibitor والموجود في البذره ثم تمتص البذره بعد ذلك الماء وتنبثق وتتحول الى خضراء ثم تزهر وتعطي بذوراً جديده في فترة اسابيع قليله ، وبعد ذلك تموت النباتات نتيجة للجفاف وتنتظر موسم المطر القادم ، وعادة ما تكون النباتات من الاعشاب .

٢ – النباتات التي تقاوم الجفاف Drought resistent species والتي تمتاز بتكيفات شكليه وفسيولوجيه لتواجه الظروف الصحراويه المتطرفه

وعادة ما تكون هذه شجيرات من الصبار والعجرم والسنط والغضى والاثل وغيرها .

وفي بعض الصحارى قد لا يهطل المطر لعدة سنوات ، ففي الصحراء الكبرى في جنوب ليبيا على سبيل المثال يمكن للمرء ان ينتقل لمئات الاميال من دون رؤية نبات حي او أي صوره للحياه ، ومن ناحيه ثانيه يكون لمعظم الصحاري موارد مائيه ناتجه عن مياه جاريه او جوفيه والتي تعطي تشكيله كبيره من الكائنات الحيه . كما ويقتصر وجود الحيوانات على المناطق التي توجد فيها حياه نباتيه . وتسود الانواع الحفاره من القوراض والزواحف والحشرات والعناكب ، وتتقي هذه الحيوانات الحراره المتطرفه والجفاف بالعيش تحت سطح الارض خلال النهار والتجول في مجال التوطن Home rangeخلال الليل كما تمتلك بعضها تكيفات استثنائيه للحفاظ على الماء كما ويمكن وجود حيوانات اخرى مثل الغزلان والارانب البريه والثعالب والغرير والوشق والذئاب والضباع.

وتبلغ نسبة الصحاري التي تغطي اليابسه ٣٥٪ كما ويوجد مساحات مهدده بالتصحر بدرجه اخطار متفاوته ، لذا يجدر بالانسان القيام بأفضل استخدام علمي لهذه المناطق لإستصلاحها وتحويلها الى اراضٍ زراعيه ، والنقطه المهمه هنا أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار ان معادن التربه المفرطه والملوحه وفقدان الماده العضويه هي ايضاً عوامل محدده جنباً الى جنب مع نقص الماء . وتحوي الصحاري على مورد عظيم من الاشعاع الشمسي في العالم وسوف تصبح هذه الصحارى اماكن نافعه ومنتجه عندما نتمكن من استغلال الطاقه الشمسيه بكفاءه أفضل .

الفصل التاسع

المشكلات البيئية (البيئة التطبيقية)

Environmental Problems (Applied Ecology)

١:٩ التلوث Pollution

يعرف التلوث على أنه التغيّر الكميّ او الكيفيّ في مكونات الكرة الحيّة ، في الصفات الكيميائية أو / والفيزيائية ، أو / و الحيوية للعناصر البيئية . وتعرف الملوثات على أنها مواد أو ميكروبات تخل بالنظم البيئية وتعرض الإنسان للخطر او تهدد سلامة مصادره بطريقة مباشرة أو غير مباشرة .

ومجالات التلوث تتعلق بالهواء والماء والتربة والتي تشغل المكونات الرئيسة لعناصر الحياة على كوكب الأرض . وينشأ التلوث عن مصادر طبيعية (منها الغازات والأبخرة المندفعة من البراكين ، وما يصاحبها من دقائق الغبار ، والحمم البركانية ، ومنها كذلك أكاسيد النيتروجين المتشكلة في الهواء نتيجة الإنفراج الكهربائي عند حدوث الرعد) أو مصادر صناعية (وترتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بالأنشطة البشرية وما يتأتى عنها من مخلفات ،وتشمل غازات ومخلفات المصانع ، غازات وسائط النقل ، بقايا المواد الكيماوية الزراعية وملوثات إشعاعية من المفاعلات النووية).

وفي موضوع التلوث نجد من الأهمية الإشارة للنقاط التالية :

١- ان التأثيرات البيولوجية (أي التي يمكن لها الدخول لأجسام الكائنات الحية) للتلوث هي التي لها الأثر البالغ على الإنسان والبيئة .

٢- ان تأثير الملوثات عادة ما يكون نتيجة لتراكمها وتجمعها في الأجسام الحية ، فأجسامنا في حالتها الصحية تحتوي على بعض المواد السامة مثل الزئبق وبعض العناصر الثقيلة الأخرى ، وتحتوي على بعض المركبات من مبيدات الحشرات مثل D.D.T ، وبعض المواد الصناعية الأخرى مثل فضلات عديدة الكلور . وهذا التلوث الكامن يصعب إدراكه إلا بعد تراكمه وتجمعه ليصبح ساماً للخلايا الحية، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة التجمع البيولوجي Biological magnification (أنظر الشكل ٣-٤) .

٣- يصبح التلوث مشكلة خطيرة كلما إزداد التعدد السكاني ، وكلما اتسعت دائرة التصنيع حيث يترتب على ذلك مشاكل كبيرة في توفير الغذاء ، ومشاكل عظيمة أخرى في التخلص من بقايا الفضلات .

٢:٩ تلوث الهواء Air Pollution

كلنا نعرف حاجة الإنسان والحيوان والنبات للهواء فهو عنصر أساسي من عناصر الحياة . ويتألف الهواء من ٧٨٪ نيتروجين ، ٢١٪ أكسجين ، ويحتوي أيضا على حوالي ١٪ غازات خاملة كالأرغون والهيليوم والكريبتون والنيون . اما كمية ثاني أكسيد الكربون فتصل إلى ٣٣ر٠٪ ويحتوي أيضا على بخار الماء (١-٤٪) كما يحتوي الهواء على غازات تتغير حسب الشروط المحلية، إذ يظهر غاز الكبريت (SO_2) في الأجواء القريبة من مصانع التعدين . ويظهر غاز الأمونيا (NH_3) في الأماكن التي تتفكك فيها الفضلات العضوية، كما وتنتشر في الهواء أيضاً كميات من الغبار والدقائق الصلبة وكميات من الجراثيم الفطريةFungal spores وحبوب اللقاح Pollen grains. وقد أورد الدكتور مصطفى طلبة في كتابة « إنقاذ كوكبنا .. التحديات والآمال - حالة البيئة في العالم ١٩٧٢ - ١٩٩٢» ، بعض الاحصائيات والبيانات العالمية من مصادر مأخوذة من البنك الدولي والمنظمة العالمية للتنمية والتعاون الأقتصادي تتعلق بخطورة تلوث الغلاف الجوي ، حيث اورد انه في عام ١٩٩١ أطلق في الهواء ٩٩ مليون طن من أكاسيد الكبريت و ٦٨ مليون طن من أكاسيد النيتروجين و ٥٧ مليون طن من

المواد الدقيقة العالقة و ١٧٧ مليون طن من أول أكسيد الكربون ، وهذه إشارات واضحة وخطيرة لوضع الغلاف الجوي حالياً ومدى التلوث المنبعث من المصادر المختلفة إلى الطبقات العليا .

ويشير د. طلبة إلى أن منظمة الصحة العالمية كانت قد وضعت حداً لتراكيز المواد الملوثة في الجو ، فقد وضعت السقف الأعلى لتركيز ثاني أكسيد الكربون مثلاً ٤٠ ميكروغراماً في المتر المكعب كمؤشر توجيهي تجنباً لإزدياد خطر أمراض الجهاز التنفسي ومع ذلك يذكر د. طلبه في كتابه ان احدى عشرة مدينة تمتاز بأن نوعية الهواء فيها حديّة حيث يتراوح تركيز ثاني أكسيد الكربون فيها ما بين ٤٠–٦٠ ميكروغراماً في المتر المكعب مشكّلة بذلك خطورة على السكان والنظم البيئية المختلفة .

وتشير الدراسات العالمية ان المواد الملوثة في الجو لا تبقى محصورة وقريبة من مصدر التلوث بل تنتقل إلى مسافات كبيرة وتخلق بذلك مشاكل بيئية إقليمية وعالمية ، وتعتبر الأمطار الحامضية إحدى النتائج السلبية لهذه الظاهرة . ويذكر د. طلبة في كتابة تقريراً يفيد بأن « النتائج المستمدة مؤخراً من البرنامج التعاوني لرصد وتقييم الإنتقال بعيد المدى لملوثات الهواء – الذي بدأ في عام ١٩٧٧ – تفيد أن معظم أوروبا الوسطى والشرقية تصل إليها أمطار تحتوي على نسبة كبريت تتجاوز ١ ملجرام من الكبريت في كل لتر من المطر . كما أن نسبة النترات في الأمطار هي أعلى ما تكون فوق شمال بولندا وشرق ألمانيا وبحر البلطيق ، كما ان تراكيز الأمونيا في الأمطار أعلى فوق أجزاء من بلجيكا وفرنسا وهولندا وأيضاً فوق مساحةٍ قرب الحدود البولندية – التشيكوسلوفاكية – الروسية » .

ويعتبر علماء البيئة تلوث الهواء من الظواهر السيئة والسلبية الناتجة عن التقدم والتنمية عدا عن الضرر البالغ الذي يلحق بالتربه والماء والمواطن البيئية نتيجة لتلوث الهواء . أما إذا تحدثنا عن تأثيره على صحة الانسان فأول ما يتذكره المرء بشكل واضح هو الضباب الكبريتي المشهور الذي أصاب لندن عامي ١٩٥٢ و ١٩٦٢ وفي نيويورك في أعوام ١٩٥٣ ، ١٩٦٣ و ١٩٦٦ حيث أدخل الآلاف الى المستشفيات نتيجة الإصابات بالجهاز التنفسي . وتشتهر العديد من العواصم مثل أثينا بتكرار حوادث

التلوث الحاد في الهواء والإصابات المزمنة خصوصاً لدى الأطفال والمسنين . أما اذا نظرنا الى تلوث الهواء الداخلي في المنازل وخصوصاً في المناطق الريفية نتيجة احتراق الوقود العضوي فنرى ان التهابات الشعب الهوائيه والإلتهابات الرئوية الحادة هي نتائج هذا التلوث . أما في الاردن فقد خصصت الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة (١٩٩١) فصلاً كاملاً عن حالة وتلوث الهواء في الأردن وحصرت الملوثات في الجسيمات العالقة وثاني اكسيد الكبريت وأول اكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني اكسيد الكربون والأمونيا والفلورين والكلوروفلوروكربونات والكبريتات والنترات والرصاص والزئبق والكلورين .

٩:٢:١ التلوث بالجزئيات الصلبة Dust pollution

ومنها ما هو من أصل نباتي كالنشارة والقطن ، وحبوب اللقاح والجراثيم الفطرية، ومنها من أصل حيواني كقشور الحيوانات والشعر والصوف ، ومنها من أصل معدني كدقائق الحديد ، ومنها من اصل حجري كحبيبات الرمل والإسمنت .

ويتراوح قطر هذه الدقائق بين ٠٠١ر – ١٠٠٠ ميكرون ، تتطاير في الهواء وتحملها الرياح الى مسافات بعيدة عن مصدرها بينما تتساقط الجزيئات الكبيرة منها في الهواء في منطقة قريبة من مصدر تكوينها . وتسبب الجزيئات الكبيرة اضراراً للكائنات الحية ، وكذلك تحدث اتساخاً للجدران المنزلية ، وتسبب كذلك ضرراً للخضروات والأشجار نظراً لوزنها الثقيل . وتحدث كذلك ضرراً للأجهزة التنفسيه كنتيجة لإستنشاقها مع الهواء . أما الجزئيات الصغيرة فيكمن تأثيرها في تجمعها فيما بينها في الهواء وامتصاصها لبخار الماء مشكّلة ستاراً رقيقاً من الغيوم والذي يقوم بدوره بامتصاص الضوء مما يساهم في تكوين الضباب ، وتؤثر هذه الجزيئات على وضوح الرؤية حسب كثافتها في الهواء .

[1]ويعتبر احتراق الوقود المستخرج من باطن الارض (مثل الفحم والبترول) من أهم أسباب تلوث الهواء ، فالفحم يخلف عدداً كبيراً من الجزئيات من مختلف الأحجام التي تضيف اللون الأسود إلى أسطح وجدران المنازل في المدن ، كما أنها تحدث اضطرابات صحية مختلفة . ومن أهم مصادر التلوث بالغبار في الأردن هي

مصانع الأسمنت ، مناجم الفوسفات ، مناطق الفوسفات والبوتاس في العقبة ، مناطق تحميل وتفريغ صوامع الحبوب في العقبه ، مصنع البوتاس في غور الصافي (الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة ١٩٩١) .

٩:٢:٢ التلوث بالكبريت Sulfur pollution

والكبريت من أصل عضوي ويوجد في الجو على شكل غاز ثاني أكسيد الكبريت (H_2S) ويأتي من مصادر : البراكين ، تحلل النباتات في التربة ، ومصادر صناعية حيث ينبعث غاز الكبريت من مصافي تكرير النفط ومحطات الطاقة واحتراق الفحم الحجري والزيوت الثقيله . وتعتبر منطقة الهاشمية (شمال شرق مدينة الزرقاء) والتي يوجد على مقربه منها مصفاة البترول الأردنية ومحطة الحسين الحرارية ومحطة التنقية وخربة السمراء من أهم مصادر التلوث بالكبريت في الاردن .

ولقد اوضحت التجارب أنه لا يوجد تأثير على الانسان في نسبة جزء واحد في المليون (٣ ملغم/م٣) من غاز ثاني أكسيد الكبريت وهذا التركيز يندر وجوده الا حول المدن الكبرى ذات الكثافة الصناعية الضخمة . كما وتشير الدلائل ان النباتات أكثر قابلية للضرر بثاني اكسيد الكبريت فنسبة ١ر٠ – ١ جزء من المليون تسبب انخفاضاً في انتاج المحاصيل وتبقعاً في الأوراق وصعوبة في نمو الأشجار المخروطية . وقد لوحظ فقدان الأشنات Lichens في المناطق القريبة من المدن بسبب قابليتها للتأثر بثاني أكسيد الكبريت ، وتبين ان وجودها في منطقة معينة يرتبط بنسبة أقل من ٢ر٠ جزء في المليون من غاز H_2S لذا تستخدم ككاشف بيئي Ecological indicator حساس يعبر عن التلوث بغاز H_2S . ويتفاعل هذا الغاز مع الأكسجين وبخار الماء في الهواء ليعطي قطرات من حامض الكبريتيك H_2SO_4 حيث يحتوي هواء المدن على ٥ – ٢٠٪ من حامض الكبريتيك الذي يلامس الأرض محدثاً إتلافاً للنباتات وإتلافاً لحجارة الأبنية .

وقد ينجم عن H_2S إلتهابات في الجهاز التنفسي ، كما يلتصق هذا الغاز بجزيئات الفحم التي تتطاير في سماء المدن وتدخل هذه الجزيئات إلى الرئه بواسطة التنفس وتعطي حامض الكبريتيك الذي قد يتلف الغشاء الداخلي للرئه . ويعتبر ثاني اكسيد الكبريت من العوامل الأساسية التي أدت الى الإزدياد في حالات الربو

والنزلات الصدرية وانتفاخ الرئة والتي تلاحظ في المناطق المعرضة للتلوث .

٣:٢:٩ التلوث بغاز أول اكسيد الكربون CO pollution

يعتبر هذا الغاز من أكثر الغازات السامة انتشاراً في الهواء وهو ناتج عن الاحتراق غير الكامل للحطب ولوقود السيارات (السولار) . ويتحد هذا الغاز مع هيموغلوبين الدم حالاً مكان الأكسجين وينتج عنه كاربوكسي هيموغلوبين Carboxy - Hb الذي يمنع وصول الكمية الضرورية من الأكسجين للجسم . وتقل بالتالي قدرة الانسان على نقل الأكسجين الى جهاز الدورة الدموية بمعدل ١٥٪ إذا تعرض الانسان لمدة ٨ ساعات في جو يحوي ٨٠ جزء من مليون من أول اكسيد الكربون . وإذا تجاوزت نسبته ٢٠٠٠ جزء من مليون يصاب الإنسان بالاغماء بعد نصف ساعة من التعرض لهذا الغاز وربما موته بعد ساعة من إستنشاقه للهواء الملوث . ويتعرض أحياناً راكبو السيارات في اوقات الازدحام الى إزعاجات صحية منها الصداع والزيغان والغثيان وألام في المعدة وارتخاء في العضلات كما وتصل في الحالات الخطرة الى فقدان الوعي والاختلاج والموت . وتعتبر المنشآت المتواجدة في منطقة الهاشمية والمدينة الصناعية قرب العاصمة (عمان) ومجمعات الصناعات المختلفة المصدر الرئيسي لهذه الملوثات في الأردن .

٤:٢:٩ التلوث بأكاسيد النيتروجين

Nitrous oxides pollution (NO_2 and NO)

وتوجد هذه الغازات بنسب ٠٫٢٠ — ٠٫٣٠ جزء من مليون في الجو الطبيعي وتنتج عن الاحتراق بشتى أشكاله مثل إحتراق وقود السيارات ومحطات توليد الطاقة الكهربائية . وهذه الغازات سامة جداً ، إلا أن درجة تركيزها في الجو ضعيفة جداً بصورة عامة .

ويظهر تأثيرها عادة على القصبة الرئوية حيث تتحول هذه الغازات الى حامض النيتريك (HNO_3) الذي يحدث إلتهابات مختلفة في القصبة الرئوية . وقد تسبب هذه الغازات الموت في مدة لا تتجاوز نصف ساعة ، إذا وصلت نسبتها في الجو (٠٫٠٧٪). وتساهم غازات اكسيد النيتروجين مع المركبات الهيدروكربونية في تكوين الغيوم السوداء التي نشاهدها في سماء المدن الصناعية الكبرى . وتعتبر أيضاً

منطقة الهاشمية ومنطقة وسط العاصمه من مصادر التلوث الرئيسية بأكاسيد النيتروجين في الاردن .

٩:٢:٥ التلوث بالرصاص Lead pollution

يستعمل الرصاص في الصناعة في مجالات عديدة منها تمديدات المياه في المنازل ومواد الدهان . وأشد مشتقات الرصاص ضرراً (رابع اثيل الرصاص ، ورابع ميثيل الرصاص) ، اذ يضاف احدهما عادة للبنزين ليلطف من حدة الانفجار في المحرك، ولذا فقد شاع انتشار هذا الملوث في العالم كافة واختلفت نسبته في الجو اعتماداً على كثافة سير المركبات . ويوجد الرصاص بشكل طبيعي في الخضار والفواكه والأعشاب ولقد تبين ان استهلاك كيلو غرام واحد من الخضار والفاكهة يدُخل الى جسم الانسان ٤ مليغرامات من الرصاص . وتزداد نسبته في المواد الغذائية المعلبه اذ يحكم إغلاق هذه العلب بالرصاص فيتسرب قسم منه الى داخل العلبة وينتقل منها الى الانسان .

ويُحدث التسمم بالرصاص عوارض إسهال وتعب ، وأرق ، وعصبيه كما يحدث الهذيان إذا تجاوز الأغشية المحيطة بالدماغ . وفي الاردن تعتبر مجمعات الصناعات المختلفة في منطقة عمان الشرقية والرصيفة وعوجان والزرقاء والمدينة الصناعية ومصانع الحديد والصلب ، الدباغة (الجلود) ، المنظفات الكيماوية والبطاريات من أهم مصادر التلوث بالرصاص .

٩:٢:٦ التلوث بغازات ومركبات أخرى Other types of air pollution

يتصاعد غاز الفلور من مداخن مصانع الألمنيوم حيث يتساقط على النباتات ، ويؤثر على الماشية التي تتغذى على النباتات الملوثة ويسبب لها هزالاً شديداً والتهابات عظمية يصعب على البيطري تحديد أسبابها إذا لم يكن ذا تثقيف بيئي جيد .

وتعتبر مركبات الكلوروفلوروكاربونات (Cholorfluorocarbons) مسؤولة حالياً عن الثقب في طبقة الأوزون في الجو . وتنتج هذه المركبات عن صناعات عديدة أهمها منتجات علب الرش Aerosol والسوائل المستعملة في الثلاجات ومكيفات الهواء كمبردات ، وتنتج ايضاً عن الصناعات وبناء طائرات النقل الضخمة التي تفوق

سرعتها سرعة الصوت وتجارب الأسلحة النووية . وتتكون هذه المركبات من كلور وفلور وكربون وعندما تنطلق هذه المركبات فإنها تبقى في الجو عدة سنوات وتحت تأثير التيارات الهوائية فإنها ترتفع لطبقة الجو العليا (الستراتوسفير Stratosphere) . وعند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet فإنها تتحلل إلى ذرات الكلور والفلور شديدة التفاعل المسؤولة عن تحطيم الأوزون. إذ ان ذرة كلور واحدة تستطيع أن تحطم مئات الجزيئات من الأوزون وتحولها إلى أكسجين حسب المعادلات التالية :

$$Cl + O_3 \xrightarrow{uv} ClO + O_2$$

$$ClO + O \xrightarrow{uv} Cl + O_2$$

$$O + O_3 \xrightarrow{uv} 2O_2$$

ويستدل من هذه التفاعلات ان ذرة الكلور أو الفلور قادرة على المساهمة في تحويل الأوزون إلى أكسجين . وتسعى الدول الصناعية الى استبدال هذه المركبات باخرى غير ضارة بطبقة الأوزون نتيجة للمؤتمرات الدولية المتعددة التي الحّت بضرورة الاستغناء عن هذه المركبات الضارة بطبقة الأوزون .

والأوزون غاز مكون من ثلاث ذرات أوكسجين ويوجد في الطبقات العليا من الغلاف الجوي حيث تصطدم ذرات الأكسجين بالأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس فتنفصل بعضها إلى ذرتي أكسجين (O) . وهذه الذرات غير ثابتة تلتقي بجزيء أكسجين O_2 وتشكل الأوزون O_3 وتعتبر هذه الطبقة مسؤولة عن إمتصاص كمية كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية التي تؤدي ، في حال تسربها بكميات كبيرة ، إلى إحداث طفرات للكائنات الحية وزيادة في سرطانات الجلد وغيرها.

فقد بدأت المخاوف من خطر تناقص طبقة الأوزون في عام ١٩٨٥ حيث أشارت التقارير المرسلة من الأقمار الصناعية عن وجود ثغرة في طبقة الأوزون متمركزة فوق القطب الجنوبي وكانت نسبة تناقص الأوزون حوالي ٤٠٪ وقد لوحظ أيضاً زيادة إتساع الثغرة سنة بعد سنة حتى أصبحت قريبة من حافة أمريكا الجنوبية . وتعد هذه من أهم المشاكل البيئية المعاصرة والتي تهدد بكارثة إذا لم تلجأ الدول إلى أخذ الحيطة واتباع الإجراءات المناسبة . وقد تبين حديثاً (١٩٩٠) بداية تكون ثغرة في طبقة الأوزون فوق القطب الشمالي بتناقص قدرة ١٧٪ الأمر الذي قد يشكل خطورة

فادحة لحياة الإنسان والأنظمة البيئية الطبيعية . ويؤكد العلماء ان التعرض الزائد للأشعة فوق البنفسجية من شأنه أن يؤدي إلى خلل في جهاز مناعة الإنسان والإضرار بالعيون، وإرتفاع الإصابة بسرطان الجلد . أما بالنسبة للنباتات فقد ثبت أن التعرض لكميات من الأشعة فوق البنفسجية تلحق الضرر بالكلوروفيل وبالتالي في انخفاض القدرة - الإنتاجية مما يهدد الأمن الغذائي على سطح الكرة الأرضية في وقت يبحث فيه العلماء عن زيادة الإنتاجية الغذائية نظراً للإزدياد البشري المتسارع على الأرض .

وتتميز الحيوانات الكبيرة والتي تمتاز بوجود الشعر أو الريش أقل ضرراً بالإصابة بسرطان الجلد من الحيوانات الأخرى ، ولكنها في حالة تأثرها بكمية إشعاع مرتفعة فأغلب الظن بأنها سوف تعاني من الضرر مثل إصابات العيون والجلد عدا عن التغيرات الجينية التي تحدث طفرات عديدة . اما بالنسبة للعوالق النباتية واليرقات فإنها أول ما تتأثر بالإشعاع المتزايد كونها طافية على سطح البحر وأما الأحياء المائية الأخرى فيعتقد العلماء بأنها أكثر أماناً من غيرها نتيجة وجود الماء الذي يحميها .

ويعتقد العلماء بأن تسارع رقعة الثقب الأوزوني من شأنه أن يؤدي إلى إختلالات عالمية ضارة في مناخ الأرض ، علماً بأن مركبات الكلوروفلوروكاربونات هي ضمن غازات الإحتباس الحراري المحتملة .

إضافة الى ما ذكر فإن مادة الأمنيت التي تستخدم في مكابح السيارات تعتبر من ملوّثات الهواء ايضاً ، فعند تآكل هذه المكابح تتطاير هذه المادة على شكل غبار قد يصل إلى الرئة ولا يخرج منها وقد يسبب سرطان الرئة أو القصبة الهوائية .

وتدل الدراسات على ان المواقد المنزلية التي تستعمل الوقود السائل أو الفحم تعتبر مسؤلة عن (٥٠-٦٦٪) من التلوث الجوي في هواء المدن في فصل الشتاء . ومن أهم الملوثات المنتشرة مشتقات (البنزوبيرين) التي تتكون كنتيجة للإحتراق غير الكامل للوقود المنزلي أو وقود السيارات . ويعتبر البنزوبيرين من المواد الخطرة على حياة الإنسان، فقد سببت الموت بالسرطان لآلاف العمال في مصانع تقطير الفحم الحجري والقطران وغيرها . ولابد أن نشير هنا إلى التلوث بالمواد المشعة والمبيدات نظراً لسرعة إنتشارها وبقائها لفترة طويلة في الوسط المحيط وسنأتي على تفصيلها لاحقاً .

لقد أصبح من الواضح والضروري مقاومة تلوث الهواء Air pollution control بشتى الوسائل المتبعة للحفاظ على الهواء من الغبار والغازات سواء بإستخدام الغطاء النباتي أو إستخدام الطاقة البديلة أو وضع الأنظمة والضوابط الدولية اللازمة لذلك

لذلك .

٣:٩ تلوث الماء Water pollution

يمثل الماء سر الحياة لكل ما دب على الأرض من حيوان واستوطنها من نبات .

ويبدأ تلوث الماء من قبل الإنسان الذي يستخدم كمية من الماء الصافية لأغراض مختلفة فيحولها إلى ماء ملوث ، ونجد البعض الآخر يقذف في مجاري المياه كل أنواع الفضلات والأوساخ وهكذا تتحول مليارات الليترات من المياه الصالحة للشرب إلى مياه مستعملة ملوثة .

ويحدث التلوث أيضاً في الفضاء عندما تختلط المواد المشعة وغازات المصانع والغبار مع الغيوم والمطر وتتساقط هذه الملوثات مع المطر .

تشكل المواد البترولية والمواد المشعة والمبيدات ومواد التنظيف والمعادن الثقيلة السامة وغيرها من أهم مصادر التلوث لمياه المحيطات . وتشكل المواد البترولية أخطر ملوث للبحار نظراً للحاجة الماسة للبترول من جهة ولأن ٢٠٪ من البترول العالمي يستخرج من أعماق البحار من جهة أخرى . وقد تحدث بعض الحوادث أو الإهمال أثناء حفر الآباء ، فتتسبب في تسرب البترول إلى مياه البحر بكميات كبيرة . كما وتساهم ناقلات البترول بالقسط الأكبر من التلوث إذ تصل هذه الكمية إلى مليوني طن في السنة ، ناتجة عن غسل خزانات الناقلة بالمياه الساخنة . هذا بالإضافة إلى الحوادث التي تتعرض لها ناقلات البترول والتي تؤدي إلى تفريغ البترول في البحر كما حدث في كارثة خليج آلاسكا عام ١٩٨٩حيث تدفق ٢٤٠ الف برميل من النفط مسببة بذلك أسوأ كارثة بحرية .

ويدوم الهيدروكربون طويلاً في مياه البحار ولايتجزأ إلا بالبكتيريا وبالتالي تتشكل هذه المواد طبقة عازلة رقيقة تمنع إختراق الهواء وثاني أكسيد الكربون والضوء إلى الماء ، فتتوقف عملية التمثيل الضوئي التي تعتبر المصدر الأساسي للأكسجين والتنقية الذاتية للمياه ، وتغدو الحياة المائية في الطبقات السفلى شبه مستحيلة نتيجة لتراكم فضلات الهيدروكربون في قعر البحر . هذا بالإضافة إلى ان الهيدروكربونات تذيب المواد الدهنية الموجودة على ريش الطيور المائية ، فتفقدها صفتها العازلة فتموت الطيور من البرد . ومن الجدير بالذكر أن النفط الخام يحتوي على مركبات مسرطنة Carcinogenic مثل بنزوبيرين Benzopyrene الذي يوجد بنسبة عالية في نفط الخليج

وليبيا . ويسهم هذا الملوث في إحداث التسمم للهوائم النباتية Phytoplanktons التي تعطي كميات كبيرة من الأكسجين . ولوحظ وجود البنزوبيرين في اجسام حيوانات أخرى تتغذى على هذه الهوائم في البحر كما وينعكس تأثيره على الطيور البحرية التي تتغذى على هذه الحيوانات .

ومن المواد الملوثة الأخرى لمياه البحر ، المبيدات بمختلف أنواعها خاصة الكلورية منها مثل الـ D.D.T. التي وجدت كميات كبيرة منها في ثلوج القطب الشمالي . كما وتساهم المعادن الثقيلة في تلويث مياه البحر وأهمها الزئبق الذي أدى إلى موت ما يقرب من ١٠٠ شخص من الصيادين في خليج ميناماتا في اليابان في السبعينات وقد أدى أيضاً إلى أعراض الهلوسة والجنون إذ كانت أسماك ذاك الخليج قد تلوث غذائها بمادة ميثيل الزئبق فأكل الصيادون السمك ووصل تركيز الزئبق في أجسامهم إلى الحد الحرج.

وقد تكون الأرض التي يهطل عليها المطر ملوثة بمواد أخرى مما يجعل التلوث يتسرب إلى المياه الجوفية أو يسيل إلى البحار والأنهار والبحيرات فيزيد من تلوثها ، ويحدث التلوث أيضاً عندما يسقط المطر على أسطح الطرق ويحمل معه الغبار وفضلات الإحتراق الناتجة عن السيارات ومداخن المنازل والمصانع والزيوت المعدنية التي تغطي الشوارع وتسير على شكل سيول ، تساق إلى الأنهار والبحيرات والبحار .

وتحصر مصادر تلوث المياه في المجالات الرئيسية التالية :

١:٣:٩ الصناعة Industry

تشكل مياه المصانع وفضلاتها ٦٠٪ من مجموع المواد الملوثة للبحار والبحيرات والأنهار . ويصدر أغلب هذه المواد عن مصانع الدباغة والرصاص والزئبق والنحاس والنيكل ، ومصانع تعقيم الألبان والمسالخ ومصانع تكرير السكر . وينتج التلوث بالهيدروكربون عن مصافي البترول التي تستعمل كمية كبيرة من المياه في التبريد ، وعن السفن التي تبحر في البحار والبحيرات والأنهار وتقذف فيها الزيوت والفضلات المحترقة . وتشكل هذه الزيوت طبقة رقيقة عازلة على سطح الماء تنتشر على مساحات كبيرة ، وتمنع من تجدد الأكسجين في المياه وتقضي على الحياة المائية فتموت الحيوانات والنباتات المائية من جراء الإختناق . أضف إلى ذلك مواد التنظيف الناتجة عن بعض المصانع والتي تجعل المركبات الهيدروكربونية تمتزج مع المياه حتى في الأعماق .

وتعتبر مخلفات الصناعة في الأردن من المسببات الرئيسية لتلوث المياه السطحية والجوفية أو مياه البحر . فعلى صعيد المياه الجوفية فقد تعرضت كثير من أحواض المملكة للتلوث مثل تلوث المياه الجوفية في مناطق عمان ، الزرقاء ، الضليل بالملوثات الصناعية والعضوية وتلوث المياه السطحية في سد الملك طلال وقناة الملك عبد الله . وإذا نظرنا إلى خليج العقبة فنرى أنه اقيمت خلال السنوات العشر الماضية عدة منشآت صناعية ضخمة في أقصى الجنوب من الشريط الساحلي مثل المجمع الصناعي لشركة مناجم الفوسفات الأردنية والمحطّة الحرارية لسلطة الكهرباء الأردنية ومنشآت مداولة وتخزين وتحميل البوتاس بالإضافة إلى إستخدام البحر لنشاطات المناولة والنقل مثل إستلام المواد الأولية كالأمونيا والكبريت وزيت الوقود وتصدير معظم المنتجات كالبوتاس والسماد . عدا عن التلوث العضوي من المنازل أو المرافق السياحية المختلفة (الإستراتيجية الوطنية لحماية البيئة ، ١٩٩١) .

وتجدر الإشارة هنا بأن هذه العمليات التنموية يجب أن تكون تحت رقابة مستمرة ومشددة خوفاً من تسرب هذه الملوثات إلى مياه البحر وإتلاف السلسلة الغذائية للبيئة البحرية .

إن العمليات التنموية أساسية ومهمة لنهضة الأردن ولكن يجب أن تكون هذه التنمية قابلة للإستمرار آخذة بإعتبارها الأول المصالح البيئية وقدرات تحمّل الأنظمة البيئية المختلفة خوفاً من تفاقم مشاكل بيئية نحن في غنى عنها .

٢:٣:٩ الزراعة Agriculture

لقد ساهمت الزراعة حديثاً في تلوث المياه تبعاً لإحتياج المزروعات للمبيدات والأسمدة الكيماوية . إذ تجرف هذه المركبات بواسطت السيول لتلوث المياه بمركبات النيتريت NO3 والنترات NO2 والكبريت SO4 والأمونيوم NH4 وأملاح الفوسفور . ومن المبيدات الشائعة الإستعمال مركبات الكلور العضوية ، وهي مركبات ثابتة يتطلب تفككها سنوات عديدة . ونتيجة للإستعمال المفرط والخاطيء للمبيدات بأنواعها وكون النباتات والمحاصيل عامة لا تمتص المبيدات إلا وفق قدرتها وإحتمالها ، فإن كميات هائلة من هذه المبيدات تبقى في التربة مسببة بذلك مشكلة بيئية لها آثارها السلبية والخطيرة . ومن المعلوم ان المبيدات ومع هطول الأمطار أو الري تتسرب إلى طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث للمياه السطحية والجوفية أو تتبخر بفعل حرارة

الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط . عدا عن ذلك ، تقتل المبيدات الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة مخلة بذلك التوازن الدقيق والهام في بيئة التربة ، كما تُحدث المبيدات تغيراً في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وتؤثر بذلك على الإنتاجية الزراعية ، كما وتساهم المبيدات في تحويل الآفات الثانوية إلى آفات رئيسية . وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الإستعمال الخاطيء للمبيدات حيث يظن الكثير من المزارعين أنه بزيادة إستعمال المبيدات يمكن القضاء على الآفات الزراعية بشكل أفضل ، وبالتالي زيادة الإنتاجية ، ومع غياب الدعم المالي اللازم والإرشاد والنصح الزراعي تصبح هذه المشكلة البيئية من أخطر ما يواجه الأمن الغذائي في دول العالم الثالث .

وتؤثر المبيدات أيضاً على صحة الإنسان بشكل مباشر وخصوصاً لهؤلاء الذين يتعاملون مع المبيدات بشكل مباشر عن طريق الرش أو خلط المواد الكيماوية من غير إتخاذ الإحتياطات الواقية مثل الأقنعة وغيرها ، حيث تتراكم هذه المواد في جسم الإنسان وتؤدي في كثير من الأحيان إلى حدوث اصابات سرطانية كما يمكن أن ينشأ عن إستعمال المبيدات الخاطيء طفرات جينية ينتج عنها تشوهات في الأجيال القادمة . ومن المعلوم أيضاً أنه نتيجة للإفراط في إستعمال المبيدات تنشأ سلالات جديدة من الآفات مقاومة للمبيدات ، وهذا يعتبر من السلبيات الخطيرة المؤثرة على الإقتصاد الزراعي .

وخصص المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا في السياسات واستراتيجيات العلوم والتكنولوجيا (قطاع البيئة ، ١٩٩٣) فصلاً عن تأثيرات المبيدات حيث أشار أنه في الأردن ، شهدت الفترة الواقعة ما بين ١٩٨٦ - ١٩٨٩ نمواً متزايداً في حجم المبيدات المستوردة ، إذ إرتفع من ٤١ر٩٨٣ طن في عام ١٩٨٦ ليبلغ في عام ١٩٨٩ حوالي ٧ر١٣٠٨ طن ثم إنخفض إلى ٨٤٢ طن في عام ١٩٩٠ ، وذلك لقيام الصناعة الوطنية العاملة في هذا المجال بطرح إنتاجها من مبيدات الأعشاب .

وتؤكد الدراسة أيضاً ان تعدد وتنوع التركيبات الكيماوية للمبيدات تؤثر بدورها بطرق مختلفة ومتنوعة على الأنظمة البيئية وعلى عناصر البيئة ، فالمبيدات العضوية المكلورة Chlorinated hydrocarbons تتمتع بدرجة عالية من الثبات ، ولكن تذوب في الدهون الحيوانية بينما المبيدات الفوسفورية العضوية -Organophos

phates تمتاز بأنها لا تذوب في الماء بينما تعلق جزيئات مبيدات الأعشاب على سطوح حبيبات التربة مما يعني ثباتها النسبي . وقد أظهرت الدراسة ظهور مستويات مختلفة من بقايا المبيدات في المحاصيل الزراعية والخضروات منها الخيار ، الفلفل بأنواعه ، البندورة، الباذنجان ، الكوسا والفاصوليا الخضراء ، وقد بينت تقارير « مركز تحليل المبيدات ومتبقياتها » / وزارة الزراعة أن النسبة المئوية للعينات المخالفة بالنسبة للعدد الكلي للعينات المحللة تتراوح ما بين ٥-١٣٪ ، عدا عن ظهور متبقيات المبيدات العضوية المكلورة في عينات المياه من كفرنجة وجرش وجامعة اليرموك ، ومتبقيات من أنواع أخرى كشف عنها في عينات ماء أخذت على طول مجرى وادي سيل الزرقاء وسد الملك طلال . أما ما يتعلق بالتربة ، فقد أوضحت الدراسة وجود مبيدات في عينات التربة المأخوذة من مواقع من وادي الأردن مثل مواد الأندرين وظهور متبقيات المبيدات العضوية المكلورة في بعض عينات أسماك نهر الأردن .

وتؤكد الدراسة أن معدل الإستخدام المحلي للأسمدة الكيميائية قد نما في الزراعة المروية من ١٣ كغم للدونم في عام ١٩٧٣ إلى ما يقارب ١٢٠ كغم للدونم في عام ١٩٩٠ . وبلغ مجموع المواد المخصبة المسجلة والمسموح بتداولها في السوق المحلي ٣٤٥ مادة . وتشير الدراسة أيضاً إلى الشواهد السلبية لسوء إستعمال الأسمدة الكيمياوية حيث تراكَمَ الفوسفور في الأراضي الزراعية مما أدى إلى إخلال في توازن السلسلة الغذائية كما إرتفعت نسبة النترات في مياه الري ببعض المناطق الزراعية مثل البقعة ووادي الضليل الذي يعتقد أن أحد مسبباته هو تسرب المياه المحتوية على النترات إلى المياه الجوفية .

١ - مبيدات الأعشاب Herbicides

تستعمل هذه المبيدات للقضاء على النباتات والأعشاب الضارة وبعض الفطريات الغير مرغوب فيها بكميات كبيرة وفي مناطق شاسعة من العالم ، ونادراً ما تحدث تلوثاً إلا إذا استعملت بطريقة خاطئة ، ونذكر منها المبيدات «2-4-4 trichloro-phynoxic acid» حيث ذاعت شهرته عندما استعمل في حرب فيتنام لأسقاط أوراق الاشجار . فقد أُلقي على فيتنام ٦٠ ألف طن من المبيدات (١٩٦٢ - ١٩٧١) أي بمعدل ٢٦ كغم / هكتار وبالإضافة إلى هذا المبيد أُلقي أيضاً (2-4-D) بنسب متساوية وقد أدى ذلك إلى ما يلي :

١ – القضاء على مساحات شاسعة من النباتات المائية وأشجار الغابات .

٢ – حدوث طفرات جينية أدت إلى تشويهات بالمواليد مثل تشقق في سقف الحلق والشفاه ، الولادة المنغولية ، عدم وجود أطراف أو تشويه في تكوين الأطراف ، وتشويه في العمود الفقري . وقد أثر ذلك أيضاً على مناطق مجاورة للمناطق المرشوشة حيث انتقل هذا التلوث عبر الماء والهواء والغذاء . وقد لاحظت أكاديمية العلوم الأمريكية زيادة نسبة التشويه عند الأطفال في مستشفيات التوليد ، حيث كانت نسبة تشويه تشقق الشفاه ٢٠ طفل لكل ألف طفل ولد عام (١٩٦٢) بينما بلغ العدد ١١٢ طفلاً في سنة (١٩٦٩) . ولقد ثبت أن مادة ديوكسين الموجودة بكمية ضئيلة جداً مع (4-5-T) تسبب قروح في الكبد من النوع السرطاني عند الفئران إذا تناولت الاناث الحوامل هذه المادة .

٢ – المبيدات الفطرية Fungicides

من المعروف أن الفطريات تسبب خسارة فادحة في المحاصيل الزراعية، لذا يستعمل المزارعون بعض الكيماويات التي تقضي عليها ، ومنها المركبات التي تحتوي على النحاس والتي عند إستعمالها لسنوات طويلة تُحدث تلوثاً للتربة بالنحاس ، وتتأثر تبعاً لذلك البيئة النباتية والحيوانية . وهناك مركبات يدخل في تركيبها الزئبق وهو ملوث بيئي هام ، فهو يُخزن بواسطة الأحياء وينتقل عبر السلسلة الغذائية .

٣ – المبيدات الحشرية Insecticides

المركبات العضوية الفوسفورية ، وهذه المركبات سامة جداً ويجب على الشخص الذي يستعملها أن يلبس الملابس الخاصة التي تمنع وصولها إليه وقد تُحدث هذه المركبات موت العديد من العاملين فيها عن طريق الخطأ . ويكمن الخطر البيئي في هذه الملوثات في فعالية تراكمها في الأجسام الحية حيث يؤدي بعضها مثل « البراثيون» إلى إحداث أضرار عضلية تؤثر على حركة الثدييات .

المركبات العضوية الكلورية ، وهذه تستحق أن تسمى بالملوثات البيئية ومنها D.D.T الذي استعمل بكثرة خلال سنوات ١٩٣٩ – ١٩٤٥ للقضاء على بعوض الملاريا والقمل الحامل للتيفوئيد وعلى الآفات الطبية والزراعية ، ولم يكن تأثيرة آنذاك سام على الإنسان . وهذا المبيد قليل الذوبان في الماء ، يذوب بسرعة في الدهون وبالتالي وجد مخزّناً في دهون معظم الكائنات الحية وخاصة الطيور والأسماك. وقد تم

معرفة أن هذا المبيد ينتشر في كل مكان في العالم لدرجة أنه وجد في القطب المتجمد الجنوبي . ويكمن الخوف في زيادة تركيز هذا المبيد في البيئة لاحقاً ، وقد لوحظ أن هناك نقص كبير في سماكة قشور بيوض الطيور الجارحة التي وجد المبيد مركزاً فيها ، وبالتالي يصبح البيض غير قابل للتفريخ . ولابد من ايجاد الحلول العملية للتخلص من هذه المبيدات لاضرارها البالغة.

٤:٩ – النفايات المنزلية والصلبة

رغم كل وسائل الثقافة والطرق العلمية والابحاث الجارية والمتبعة في الدول الغربية إلا أن مشاكل الفضلات والنفايات لم يسيطر عليها كلياً وخصوصاً مسألة التخلص من العلب الفارغة ومشكلة المواد البلاستيكية ، حيث أنها لا تتحلل بالطبيعة . وينصب تفكير العلماء مثلاً على إيجاد طرق لتصنيع بلاستيك قابل للتحلل العضوي أو بواسطة عوامل فيزيائية ، وقد استطاع العلماء إيجاد أنواع من البلاستيك تتحلل بالأشعة وأخرى بالضوء وأخرى بالماء . ولعل حل هذه المعضلات يكون بالإقتصاد في إستعمالها ومحاولة إيجاد بدائل لها قدر الإمكان أو إعادة إستخدامها للحد من تراكمها.

في الأردن ، فقد تم إعداد دراسة حول تأثير إحدى المكبات الرئيسية في الأردن وهو مكب الرصيفة من قبل الجمعية العلمية الملكية لخدمة أمانة عمان الكبرى عام ١٩٩٠ (علماً بأن الطريقة الشائعة في التخلص من النفايات الصلبة والمنزلية هي إلقائها مكشوفة ومن ثم حرقها ، وتسعى الجهات المعنية لإستبدال هذه الطريقة بالطمر الصحي) . وبينت الدراسة أنه عند تراكم هذه النفايات وحتى حين طمرها تتحلل لاهوائياً وخاصة في الطبقات السفلى حيث ينتج عن ذلك غازات من أهمها غاز الميثان، كبريتيد الهيدروجين ، ثاني أكسيد الكربون ، الأمونيا وبعض المركبات الكبريتية الأخرى ، عدا عن المركبات الكيماوية التي يمكن أن تنتقل إلى طبقات الأرض وتسبب تلوث المياه الجوفية .

ويعتبر الميثان من الغازات الرئيسة المنبعثة من المكبات والذي يشكل حوالي ٦٠٪ من إجمالي نسبة الغازات الناتجة عن تحلل المواد العضوية وكذلك ينتج مع غاز الميثان ثاني أكسيد الكربون والذي يشكل ٣٠-٣٥٪ . ومن المعلوم أن غاز الميثان قابل للإحتراق ويشكل خطورة على التجمعات السكانية القريبة وتستفيد منه العديد من

الدول في صناعاتها المختلفة حيث تقوم بتجميعه بأساليب خاصة لأغراض الصناعة .

وفي دراسة أجريت حديثاً للمجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا (١٩٩٣) بشأن معالجة النفايات الصلبة في الأردن فقد تم وضع إقتراح بتفعيل عمليات تدوير النفايات الصلبة Recycling ، حيث تهدف عملية التدوير إلى حل مشكلة التلوث الناتجة عن تراكم النفايات عدا عن توفير موارد أولية من شأنها أن تساهم في دعم الإقتصاد الوطني .

وتشير الدراسة إلى أنه قد بدأت بوادر عمليات تدوير النفايات حيث بادرت شركتي مصانع الورق والكرتون والحديد بجمع بقايا الورق والكرتون والحديد المستعمل لإعادة إستغلاله .

كما تحث الدراسة وتشجع إستخدام التقانات الحيوية Biotechnology لمعالجة النفايات الصلبة نظراً لكون محتوى هذه النفايات من المواد العضوية (والذي يبلغ ٥٠–٦٠٪) يمكن الإستفادة منه لإنتاج الأسمدة ومحسنات التربة والطاقة (Biogas).

ومن الحلول المستقبلية المقترحة لمعالجة النفايات الصلبة في الأردن إستخدام تكنولوجيا الحرق (Incinerators) حيث تهدف هذه الطريقة إلى التخلص من النفايات بطريقة سريعة وغير مكلفة دون التسبب في تلويث عناصر البيئة . وفي حالة تطبيق الأسس العلمية الصحيحة يمكن إنتاج الطاقة بعملية تحويل النفايات إلى طاقة (- Waste to - energy) علماً بأن هذه الطريقة عليها بعض التحفظات ويمكن أن تستخدم في البداية لأغراض البحث العلمي للتحقق من كيفية التخلص من بعض المركبات والعناصر الكيماوية المعقدة .

ومن النماذج المستخدمة عالمياً في التخلص من مثل هذه النفايات ما يلي :

- قام المهندسون في السويد بتصميم شبكة لإمتصاص النفايات من داخل البيوت كما هي الحال في مجاري الصرف بحيث توضع القمامة في فتحة خاصة في البيوت ويتم سحبها بالشفط نحو مستودع مركزي حيث تحرق في أفران وينتج عنها الغازات والزيوت .
- وفي ألمانيا تم تشكيل حدائق بأشكال هندسية فوق أرض كانت مكاناً للقمامة ، حيث طمرت على أشكال سفوح وهضاب وزرعت بالأزهار والأشجار وتحولت إلى حدائق يتنزه فيها الناس .

– وقامت البلديات في الولايات المتحدة بعمل مشابهة حيث ردمت الحفر القديمة المستخدمة للقمامة وغيرها بالأتربة المستغنى عنها وحولت المنطقة إلى منطقة مكسوّة بالحشائش وأعيد تصحيحها كحدائق . وفي مدينة «دوسلدورف» يوجد جهاز يستطيع حرق الفضلات الخاصة بـ ٧٠٠ ألف نسمة ويباع البخار الناتج عن عملية الإحتراق إلى بعض الهيئات في مدن أخرى لإستخدامه في التدفئة ، ويباع الرماد كسماد وتباع الخردة المنصهرة كمواد خام .

– وفي اليابان في مدينة اوزاكا أقيمت محرقة للقمامة ذات مقاييس مضبوطة من ناحية تلوث الهواء ويستفاد من الحرارة الناتجة عن الفضلات في توليد الكهرباء .

– تفصل أنواع الزجاج عن بعضها البعض وعن أنواع القمامة الأخرى في الكثير من المدن الأوروبية ويعاد إستعماله في الصناعات الزجاجية .

– السيارات الخردة : يستفاد أولاً من قطع الغيار المستعملة ومن ثم تصهر وتفصل عنها المواد الخردة غير المعدنية ، وهذا متبع في معظم دول العالم .

– الإطارات المطاطية كانت تحرق لكسب الطاقة الحرارية ، وحيث يعتبر المطاط مادة عالية الثمن أعيد إستعمالها بعد وضع اللواصق عليها ، والعاطلة منها كلياً تقطع إلى إجزاء صغيرة تدخل في صناعة بسط الأرض . واستخدم حديثاً فرم الإطارات وإزالة الخيوط وخلط الإطارات المفرومة بمواد رصف الطرق كالإسفلت بغرض تحسين المواصفات .

– إستخدمت المواد العضوية والتي تشكل ٢٠٪ من النفايات المنزلية في :

١ – إنتاج السماد البلدي كمخصب للتربة منخفض الرتبة .

٢ – توضع المواد العضوية مع فتات الورق (ورق الصحف والمجلات) وتضاف إليها خمائر معينة في شروط معينة لإنتاج سكر العنب ليكون مصدراً أساسياً لصناعة الكحول الإيثيلي والميثان وغير ذلك .

وأمكن في الهند الحصول على كميات من حمض الليمون والتفاح بدءاً من هذه المواد العضوية أو قد يعاد تصنيع ورق الصحف والمجلات كونه مكلف وثمين .

٥:٩ التلوث بالضجيج Noise pollution

ويعرف على انه جملة أصوات مستهجنة ، تُحدث تأثيراً مضايقاً ومثيراً للعصبية. ويختلف الضجيج عن باقي أنواع التلوث في أنه لا يترك تأثيرات مضرة على البيئة

وكذلك ينتهي التلوث بتوقف مصدر الضجيج . والضجيج موجود خارج المنزل حيث أصوات السيارات والدراجات النارية وأجهزة الإنذار الخاصة بالشرطة والإسعاف والإطفاء مع مزيج من أصوات المذياع والتلفاز في المحلات العامة ، ومطارق وآلات الحفر المنتشرة هنا وهناك . وقد أثبتت الدراسات أن حركة السير هي الأكثر إنتاجاً للأصوات ، ويزداد تأثير الضجيج في المدن الكبرى حيث حركة النقل المعقدة ووسائط النقل المتنوعة الإزعاج ، والمطارات دائبة الحركة والمشاريع المختلفة (حفر ، عمران ، تعبيد شوارع) . وهناك أصوات الأجهزة المنزلية الصاخبة كالمكانس الكهربائية والخلاطات والغسالات وماكنات الحياكة . ولقد تبين من الدراسات أن الضجيج يسبب السلبيات التالية :

١ – الإرتباك الهضمي الناتج عن نقص الإفرازات المعدية والمعوية .

٢ – زيادة في توتر العضلات وإرتفاع الضغط الشرياني المصحوب بتسارع في تواتر الحركة التنفسية .

٣ – ضعف في سرعة الدورة الدموية خاصة في الأطراف مما يسبب الزوغان في الرؤية.

٤ – وقد يؤدي الضجيج المرتفع والمفاجيء إلى الإصابة بالصم نتيجة لتلف الخلايا الشعرية الجهرية الناقلة للصوت من الأذن إلى الدماغ الأمر الذي يسبب إنفجاراً مفاجئاً فيها أو قد يضعف السمع ضعفاً مزمناً لا شفاء منه .

ويمكن تحقيق تدابير الوقاية للحد من التلوث بالضجيج بالطرق التالية :

١ – معالجة الصوت وذلك بإحداث بعض التغيرات في الآلة أو بإستحداث آلات توهين الذبذبات للأصوات بين الآلة والسامع ، وذلك بإستخدام كاتم للصوت أو حجب الصوت الصادر بواسطة جدران أو أدوات معينة .

٢ – التخطيط السليم للمدن والشوارع والسيطرة على حركة النقل وكثافتها .

٣ – الإكثار من المتنزهات الوطنية والأحزمة الخضراء والحدائق العامة حول المدن لأن لها تأثيراً نفسياً مميزاً يساعد على تهدئة الأعصاب .

ومن الجدير ذكره أن الضجيج يؤثر على الحيوانات حيث تنمو كئيبة وغير قادرة على الإستجابة وتكون متسمة بالتهيج السريع ، وتؤثر أيضاً على مزارع الحيوانات من عمليات وضع البيض وعملية التزاوج .

٦:٩ التلوث الغذائي والدوائي Food and drug pollution

ويحدث التلوث الغذائي من المصادر التالية :

١ – الكائنات الحية مثل البكتيريا والفطريات ، وبيوض الديدان وحويصلات الكائنات وحيدة الخلية ، ويتم ذلك إما عن طريق الهواء أو عن طريق الحشرات والقوارض .

٢ – تفاعل الغذاء مع الأواني المستعملة في الطبخ أو التي تُحفظ فيها مما يؤدي إلى إرتفاع نسبة المعادن عن الحد المقرر والتي قد تكون سامة للإنسان .

٣ – إضافة المواد الملونة والمنكهة وخاصة ذات التركيب الكيماوي الذي يعتقد أن لها علاقة بالامراض السرطانية .

٤ – المواد الحافظة مثل مركبات النيتروجين السامة ، وقد تبين أن إضافة الليمون إلى هذه المركبات قد يخفض من سميتها .

أما مصادر التلوث الدوائي فهي :

١ – المواد المسكرة والمهلوسة Drugs

حيث تبين ان عدد الإصابات بسرطان الرئة بين المدخنين يزيد بنسبة ملحوظة على الإصابات به بين غير المدخنين ، لذا تنصح النساء الحوامل بالإبتعاد عن التدخين . بينما يضر الكحول بالخلايا العصبية وتزداد نسبة المتخلفين عقلياً بين أبناء المدمنين على الكحول ، كما ان للهيروين والأفيون وغيرها أضراراً جسمية لا مجال لذكرها هنا .

٢ – المضادات الحيوية Antibiotics

وهي المواد التي تستعمل في الطب للقضاء على ميكروبات الأمراض . وقد ثبت أخيراً أن للكثير منها تأثيراً سلبياً وخاصة على تكوين الجنين في فترة الحمل ويحدث كثير منها تشوهات خطيرة . ويتجه الطب الحديث إلى تقوية دفاع الجسم ضد المرض بالتقليل من تعاطي المضادات الحيوية ليقاوم الجسم المرض ويتغلب عليه وقد تبين أن الميكروبات تستطيع البقاء في الجسم (بل تصبح أقوى مما كانت عليه) إذا لم تؤخذ المضادات بالكمية المطلوبة وبالفترة الزمنية التي يحددها الطبيب .

٣ – التداخلات الدوائية والتأثيرات الجانبية من جراء إستعمال الدواء .

فقد تبين أن بعض الأدوية إذا تناولها المريض مع بعضها تتداخل وتحدث تأثيراً سلبياً على صحته وكذلك هناك بعض الأدوية التي تسبب أعراضاً جانبية وخصوصاً إذا كان المريض مصاب بأكثر من مرض واحد .

الفصل العاشر

السكان ، التنمية والبيئة

Populations, Development and the Environment

لقد نشأ الانسان الاول في بيئات محلية تفيض مواردها عما يتطلبه الانسان من شتى الاحتياجات ، وكان عدد القبائل والمستوطنات البشرية من القلة بمكان ، وكانت تحد من توالي الزيادة العددية لهذه المستوطنات ما كان يصيبها حينذاك من الاوبئة وشتى الأمراض .

وفي القرن الثامن عشر انبعثت الثورة الصحيّة كنتيجة لما استحدثه الانسان من مختلف العلوم والاكتشافات والتقنيات فابتكرت سبل التطعيم والرعاية الصحية وخاصة للمواليد ، لتضيف صبغة ايجابية على نوعية الحياة فكانت النتيجة ان انخفضت معدلات الوفيات ولا سيما بين الاطفال وصاحبها ارتفاع في متوسط الاعمار عند الكبار وبدأ التعداد البشري في النمو .

وكان من الطبيعي ان ترافق هذه الزيادة في التعداد السكاني زيادة في الطلب على الموارد البيئية واتجه الانسان في محاولة للمحافظة على توازن السكان — الموارد، والى رفع الانتاجية الزراعية خوفاً من اضطراب ميزان الامن الغذائي العالمي . ومع الازدياد المتسارع للبشرية وما صاحبه من نتائج الثورة الزراعية والصناعية اخذ الانسان يستنفذ ما في البيئة من مواد وطاقات ، وخاصة استنزاف الموارد البيئية غير المتجددة

مثل البترول والمعادن والمياه الجوفية . ومع ازدياد المصانع والمرافق الزراعية ازدادت الملوثات التي ساهمت في تردي حالة البيئة المحيطة وما ترتب عليه من تلوث الهواء والتربة والمياه .

اصبحت المجتمعات البشرية والمحافل العلمية البيئية تضع نصب اعينها مشكلة القضية السكانية وذلك بسبب العلاقة التبادلية الهامة بين السكان ومسيرة التطور الاجتماعي والاقتصادي وقد اظهرت البحوث العلمية الميدانية في كثير من المجتمعات ان عدم اخذ العامل السكاني بعين الاعتبار في التخطيط التنموي والبيئي سيؤدي الى حدوث خلل تنموي ، بحيث تغدو المجتمعات عاجزة عن تلبية الحاجات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للأفراد .

وللتدليل على خطورة ظاهرة التزايد السكاني العالمي وما يتبعه من عملية استنزاف للموارد يقدر الآن عدد سكان العالم باكثر من ٥ مليارات نسمه ومن المتوقع ان يصل الرقم الى ٢ر١٤ مليار نسمه عام ٢٠٢٥ وذلك ان استمر معدل النمو السكاني الحالي والذي يساوي ٦٧ر١٪ سنويا .

ومن النتائج الناجمة عن معدلات الزيادة السكانية في العالم ارتفاع نسبة فئة الاعمار من ١-٢٤ سنة لتشكل ما مجموعه ٥٠٪ من عدد سكان العالم عام ٢٠٠٠ وازدياد معدلات الهجرة من الريف الى المدينة في الدول النامية وزيادة معدلات الكثافة السكانية والازدحام في المدن الكبرى .

ويعاني الاردن من مشكلة التزايد السكاني والذي تبلغ نسبة نموه السنوية ٤ر٣٪ ومعدل نموه الطبيعي ٨ر٢٪ وهو من اعلى المعدلات في العالم . ويتوقع ان يصل عدد سكان الاردن عام ٢٠٢٥ الى ٨ ملايين نسمه وقد تنبهت الحكومة الاردنية الى خطورة مشكلة التزايد السكاني في ضوء الموارد المحدودة للملكة وبدأت في ارساء الخطوات والاجراءات التي تهدف الى التعامل مع هذه المشكلة وتمثلت في تشكيل لجنة وطنية للسكان عام ١٩٧٤ . وفي عام ١٩٩١ برزت توجهات عملية على المستوى الوطني لاعتبار المباعدة بين المواليد سياسة سكانية وطنية وقد تم اعتماد هذه السياسة الوطنية بشكل رسمي عام ١٩٩٣ .

ان توفر الموارد البيئية يعتبر الاساس في دفع عملية التنمية ويمكن ان تُحَسن الفوائد البيئية التي تحققها التنمية في نوعية الحياة . وبالمثل يؤثر حجم السكان ومعدل نموهم وتوزيعهم في حالة البيئة بقدر ما يتحكم في درجة التنمية وتكوينها . وحتى الآن لا يزال بناء نموذج اجمالي عالمي او اقليمي وحيد يضم جميع المتغيرات في معادلة السكان – الموارد – البيئة – التنمية يمثل تحدياً للمجتمع العلمي .

ولا يزال السؤال الذي طرح في مؤتمر استوكهولم في عام ١٩٧٢ وارداً دون اجابة حتى اليوم : هل هناك أي وسيلة لتلبية حاجات وتطلعات المليارات الخمسة من البشر الذين يعيشون الآن على الأرض دون أن تتعرض قدرة أبناء الغد الذين تتراوح تقديراتهم بين ثمانية وعشرة مليارات نسمة لخطر يحول دون تلبية حاجاتهم وتطلعاتهم؟

فالنمو السكاني ليس معناه بالضرورة تخفيض مستويات المعيشة أو الاضرار بنوعية الحياة أو إحداث تدهور بيئي . وقد كان نمو سكان العالم في الماضي مصحوباً بزيادة مطّردة في قدرة العالم على توفير متطلبات التفاوت الشاسع بين الأغنياء والفقراء في استهلاك أنماط الحياة المختلفة .

فالطفل الذي يولد في بلد صناعي غني ، وفي أسر ثرية في بلد نام ، حيث نصيب الفرد من استهلاك الطاقة والمواد مرتفعاً ، يلقي على الكوكب عبئاً أكبر بكثير من العبء الذي يلقيه طفل يولد في بلد فقير ، فيستهلك من في القمة الشريحة الكبرى من موارد الأرض ويولّدون كميات هائلة من الفضلات . أما من يعيشون في القاع فيمثلون أعلى معدلات الخصوبة ، وفي سعيهم الى البقاء على قيد الحياة يُعتبرون مسؤولين عن جزء كبير من التدمير البيئي .

خلال العقدين الماضيين إقترحت أدلة عديدة لقياس نوعية الحياة ، منها مثلاً النوعية المادية لدليل الحياة ودليل المعاناة البشرية ومؤخراً دليل التنمية البشرية الذي أدخله برنامج الأمم المتحدة للبيئة . وقد ركزت هذه الأدلة على الفجوات المتزايدة بين الشمال والجنوب . فالبلدان النامية والتي يقطنها ٧٧٪ من سكان العالم ، تحصل على ١٥٪ من دخل العالم فقط . واستناد الى دليل التنمية البشرية فإن حوالي مليارين من

البشر يعيشون في أدنى مستوى من التنمية البشرية ومعظمهم من أفقر سكان العالم .

مشكلة أخرى يجب التطرق إليها وربطها بطريقة مباشرة مع المشاكل السكانية هي عملية تعثر البلدان تحت وطأة الإقتصاد العالمي القاسي وخصوصاً في العقدين الآخيرين ، حيث أتبعت العديد من الدول النامية سياسات التكييف الهيكلي . واتخذت هذه السياسات عادة شكل كبح الطلب على المواد الغذائية الأساسية وخفض قيمة العملة والخفض الحاد في الإنفاق الحكومي . ولكن اتضحت الآثار السلبية على هذا النوع من السياسات ، حيث اظهرت دراسة قام بها صندوق الأمم المتحدة للطفولة عام (١٩٩١) انه في ٣٧ بلدا انخفض الانفاق على المدارس للفرد بحوالي ٢٥٪ في الثمانينات . كما ان الانفاق الصحي للفرد قد انخفض في اكثر من ٧٥٪ من بلدان افريقيا وامريكيا اللاتينية مما زاد في وفيات الاطفال الرضع وزادت الاصابات بسوء التغذية. ومن المساهمات السلبية ايضا التي تؤثر على مشكلة السكان والبيئة وخصوصا في العالم النامي هي الديون الاجنبية التي ترهق هذه الدول الفقيرة وتعيق عملية التنمية . وتعتبر هذه المشكلات ما هي الا مقدمة بسيطة عما يعانيه السكان في مناطق العالم الثالث بيد انها كلها تؤدي بلا شك إلى تفاقم عملية النهب البيئي من اجل الحياة ، مما يؤدي بدوره الى صعوبة تحقيق الاصلاح الاقتصادي والهيكلي .

ومن اهم الاخطار البيئية التي تهددها عملية النمو السكاني العشوائي هي :

١– الاكتظاظ السكاني في المدن وما يتبعه من مشاكل بيئية واجتماعية وصحيّة.

٢– الهجرة من الريف الى المدينة مما يخلي الريف من المزارعين وتدهور التربة.

٣– توسع المدن والمراكز على حساب الاراضي الزراعية المنتجة

٤–الاستعمال الخاطئ والعشوائي للمبيدات والمخصبات من قبل المزارعين .

ومن جهة اخرى وبالرغم من الانجازات الحضارية والتكنولوجية التي يسرت للانسان في البلدان المتقدمة وفي بعض البلدان النامية ان يعيش ويعمل في مبان عالية (التوسع العامودي) فما زال النمط الشائع للنمو الحضري في كثير من بقاع العالم هو التوسع العشوائي . ومن هنا تكمن الخطورة حيث ان التوسع في كثير من الاحيان

يكون على حساب الاراضي المنتجة وعلى حساب الانظمة البيئية وتوازنها واستقرارها . حيث يبتلع هذا الطراز من النمو الاراضي الخصبة كما ذُكر سابقا. وحسب تقارير الامم المتحدة للسكان عام ١٩٩٠ سيتضاعف حجم المناطق الحضرية في البلدان النامية من ٨ ملايين هكتار الى اكثر من ١٧ مليون هكتار في نهاية هذا القرن . ويعني ذلك بيئيا ان خسارة هذه الدول ليست فقط اقتصادية (حيث تدني مستوى دخل الفرد) ولكن على حساب الانظمة البيئية ايضاً .

تؤدي خسارة الارض هذه الى مزيد من التدهور وخصوصاً في المناطق الريفية ، كما تخلق العديد من المشاكل المتمثلة في مشاكل الامدادات بالأغذية للمناطق الحضرية التي تعتمد عادة على المزارع القريبة للتزود بمختلف الحاجيات الزراعية والغذائية . وثمة آثار اخرى للنمو الحضري– العشوائي – يتمثل في الطلب المتزايد على الموارد الطبيعية والزيادة في التدفق الداخلي والخارجي لمختلف المواد والمنتجات وامدادات الطاقة والمياه والنفايات . وقد اظهرت دراسة مؤخراً عن استخدام حطب الوقود في كينيا ان احد العوامل الرئيسية التي تسهم في ازالة الاحراج هو تحويل الاخشاب على نطاق واسع الى فحم نباتي لبيعه لسكان المدن . فإزالة الاحراج والغابات تعتبر بيئياً من اعقد وافدح المشاكل التي تواجه الانظمة البيئية نتيجة للتوسع المدني وتفاقم مشكلة السكان .

فمن المعروف ان الغابات ليست مصدرا مهماً للخشب فحسب ولكنها تعتبر قاعدة للعمليات الحياتية والبيئية . ومن المعلوم ان الغابات تحتل حوالي ١/٣ مساحة العالم ، مسيطرة بذلك على العمليات الحيوية البيئية وتبادل الغازات ولا عجب ان سميت الغابات وخصوصا الماطرة الاستوائية منها برئة الارض . عدا عن ذلك ، تعتبر الغابات المخزن الاصلي للنباتات والحيوانات والتنوع الحيوي وكذلك المخزن الوراثي الطبيعي على سطح الكرة الارضية عدا عن حفاظ الغابات على التربة وعدم انجرافها.

كما تساهم الغابات في مد الطاقة الطبيعية للكرة الارضية وللبشر حيث يستفيد الناس من الغابات بالفحم والوقود ، وتقدر الاحصائيات العالمية ان حوالي ٢٠٠ مليون شخص يعتمدون في حياتهم على الغابات ومنتوجاتها . واثبتت الاحصائيات والبيانات

الاخيرة ان ٧٠٪ من الدول النامية يعتمدون على الكائنات الحية كمصدر للغذاء .

وتشير تقارير واحصائيات رسمية اخرى ان عدداً كبيراً من الدول النامية تقوم بتسديد ديونها الخارجية عن طريق التقايض بالغابات والاخشاب مما اثر بشكل سلبي على حياة الناس في تلك البقاع – حيث الكثافة السكانية العالية والازدياد المتسارع في النمو السكاني والاعتماد شبه الكلي على الغابات . وفي احصائية اخرى لبرنامج الامم المتحدة للبيئة عام ١٩٨٤ عن علاقة التصحر بالسكان وحياتهم ، فقد تبين ان ٨٥٠ مليون شخص مهدد بسبب تراجع وتدهور الغابات الطبيعية حيث تشكل هذه الغابات مأوى وطراز معيشة عدا عن كونها مصدر قوتهم . ومن المعروف علميا ان الناتج البيولوجي الاول لعملية ازالة الغابات وتعرية التربة هو زيادة نسبة ملوحة التربة حيث تصبح غير صالحة او غير مؤهلة بيئيا لاستقطاب النباتات الاصلية . والتغيرات البيئية الناتجة عن هذه العملية التراجعية يمكن تلخيصها في النقطتين التاليتين :

أ– اما ان تستقطب هذه التربة المعراه نباتات ثانوية Secondary Species غير اصلية وتكون غير ملائمة ، تختفي مع اول مؤثر بيئي .

ب– لا تستقطب هذه التربة اي نوع من النباتات وتتم عملية تعرية التربة بشكل

واضح ومتسارع . وبما ان جذور النباتات عادة تساعد ذرات التربة على التماسك والالتحام ، فانه في حالة التعرية تصبح ذراتها متباعدة وغير مترابطة مع هبوط واضح في مستوى المادة العضوية Organic matter وزيادة سريعة لنسبة الاملاح ويطلق على هذه المرحلة التملّح Salination . بعد ذلك تصبح هذه الحبيبات غير المتماسكة عرضة للمتغيرات الجوية فتضعف وتفقد مقدرتها على الانتاجية وتبدأ المرحلة الخطرة والتي تعرف بالتصحر Desertification (وبالمعنى العلمي : تحويل الاراضي المنتجة الى اراض غير منتجة) .

وينظر عالميا الى موضوع التصحر بصورة جدية قاتمة حيث لا يمكن فصل العوامل التي تؤدي الى التصحر عن بعضها البعض . فمكونات هذه العوامل هي سكانية – اجتماعية –اقتصادية وبيئية جميعها مترابطة وتعتمد على بعضها البعض . فما حدث في السودان من تدهور في الانتاجية والتصحر هو ناتج لهذه العوامل والمكونات

جميعها.

ومن النواتج العديدة للنمو غير المخطط ازدياد حجم المدن . فإزدياد حجم المدن له ابعاد اقتصادية ومعيشية واجتماعية وبيئية: فقد قدر ان ١/٣ سكان الحضر في البلدان النامية (حوالي ٤٥٠ مليوناً عام ١٩٩٠) يعيشون في اكواخ واحياء فقيرة . وتتفاوت النسبة المئوية للسكان الذين يعيشون في تلك المناطق تفاوتا ملحوظا من مدينة الى اخرى ومن بلد الى اخر ، ولكن العامل المشترك بينهم هو عبارة عن مستوطنات مكتظة دون المعايير الانسانية ، محرومة من امدادات المياه النظيفة والمرافق الصحية والخدمات المختلفة ومن اهمها جمع النفايات . كثيرون من افراد هذه الجماعات السكانية عاطلون عن العمل ويعانون من سوء التغذية والامراض المزمنة ويشار اليهم في الكتب والمراجع المختلفة بسكان المناطق الهامشية او فقراء المدن وهم من اكثر الفئات السكانية دمارا للأنظمة البيئية .

ويجمع العديد من علماء البيئة ان الفقراء هم الاداة الاكثر اضرارا بالانظمة البيئية سعيا وراء العيش والحياة حيث انهم يستهلكون ويستعملون ما يقع تحت ايديهم من اجل، الحصول على الطاقة او الغذاء ، حيث يتسبب استخدام الحطب والمخلفات الزراعية والفحم والروث كوقود في الاغراض المنزلية في تلوث كثيف داخل المباني ، وهو التلوث الذي تتعرض له في الأغلبية النساء والاطفال . وادرجت العديد من الدراسات بيانات واحصائيات تشير الى ارتفاع نسبة الاصابة بأمراض الجهاز التنفسي وسرطان الانف والحنجرة بسبب التعرض لانبعاثات مثل هذا الوقود – وخصوصا في المناطق الريفية .

استأثر موضوع السكان بإهتمام الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الأردن حيث نوقشت عملية الازدياد السكاني لاول مرة ورُبطت بحالة البيئة وأُدخلت مفاهيم التنمية المستديمة لتكون المظلة العامة للعمليات البيئية والتنموية في الاردن .

ونسبة الى الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة (١٩٩١) فإن معدل نمو السكان في الاردن مرتفع بالمقارنة مع معدل نمو السكان في الدول المتقدمة والدول النامية والدول العربية النفطية ، اذ يتضاعف في اقل من ١٧ سنة . ومن المعلوم ان هذه الزيادة – ان لم

يتدخل فيها مفهوم التنمية المستديمة وان لم تبدأ الجهات المعنية بالتخطيط مسبقا لاستيعاب هذه الاعداد الهائلة - سيكون لها تأثير سلبي على التوازن البيئي في الاردن .

لسنا بصدد التحدث هنا عن الاستغلال او الاستهلاك البيئي الذي تقوم به الاعداد السكانية الحالية من ناحية زيادة استهلاك الماء او الوقود والطاقة والكهرباء او ما يسمى بالنمو السكاني مقابل الحاجة Population growth versus demand ولكننا سنقوم بتحليل وسرد الواقع البيئي الطبيعي وحالة الانظمة البيئية الطبيعية وتفاعلها مع النمو السكاني .

فالمشكلة الراهنة كما يراها الخبراء انه يوجد تضخم سكاني مقابل مساحة وموارد محدودة ، عدا عن ذلك فان الدراسات المتعلقة بالتوزيع الحالي للمناطق السكانية تؤكد ان ما يقرب من ثلثي سكان الضفة الشرقية (حوالي ٦٣٪) لعام ١٩٨٩ يقيمون في محافظات الوسط (عمان ، الزرقاء ، والبلقاء) ويقطنون في ٢٠٪ فقط من مساحة الضفة الشرقية وان ٩٪ فقط من مجموع السكان يقيمون في محافظات الجنوب (الكرك ، الطفيلة ومعان) ويشغلون ما يقرب من نصف مساحة الضفة الشرقية (٤٠ر٨٪) . وان هذا التوسع ، ومن المشاهدات الميدانية المتكررة والاحصاءات الرسمية يكون على حساب الاراضي المنتجة الزراعية الشمالية والوسطى من المملكة وليست في المناطق الشرقية او الجنوبية التي تستدعي الاعمار والاستصلاح .

عدا عن ذلك تتميز الانظمة البيئية في الاردن انها انظمة ضعيفة وهشة (لقلة وجود الغابات التي تختزن الطاقة وتحولها من شكل الى اخر) وبغياب السياسات والاستراتيجيات الفعّالة لمنع التوسع الحضري على حساب هذه الاراضي سوف يواجه الاردن مشكلة بيئية خطيرة ، يمكن ان تؤدي الى زيادة نسبة المساحة الصحراوية .

ومن ناحية اخرى تشهد معظم مدن المملكة ازديادا واضحاً في عملية هجرة سكان الريف الى المدينة . وتشير الاحصائيات ان المناطق الريفية المزروعة تشهد تراجعاً

في خصوبة الارض بسبب تناقص عدد المزارعين (عام ١٩٨٠ من ٤ر١٠ نسبة المزارعين الى عدد السكان إلى ٣ر٦ عام ١٩٨٩) وهبوطا وتراجعا في مساحة الاراضي المزروعة وان عملية هجرة اهل الريف إلى المدن تسببها عوامل تسمى بالعوامل الدافعة Push Factors التي تتمثل في تدني المستوى المعيشي للمزارع وارتفاع الكلفة الزراعية مما دعا بالعديد من المزارعين الى ترك اراضيهم بحثاً عن رزق ومعيشة افضل في المدينة .

ماذا يعني ذلك بيئيا ؟ وما هو الخطر الذي يتحدث عنه البيئيون جراء هذه العملية في انظمة بيئية ضعيفة كالموجودة في الاردن ؟

عند هجرة اي منطقة كانت مزروعة سابقا ، تبدأ هذه المنطقة بالتعرض لما يسمى (بالتعاقب الثانوي) Secondary Succession اي التراجع والتحول من طور الى آخر ويساعد في عملية التحول هذه غزو المنطقة المهجورة لانواع معينة من النباتات (غالبا الاعشاب) والتي تكون بيئيا متكيفة للتعامل مع بيئة مهزوزة وتربة متغيرة ، حيث تكون التربة قد عولجت بالمواد الكيميائية ، فتستوطن هذه الاعشاب وتسود وتكوّن المستوى الغذائي الانتاجي الاول ضمن السلسلة الغذائية والهرم البيئي وتستقطب هذه الاعشاب بدورها المستوى الغذائي الثاني (المستهلكات) حيث تكون عادة ملائمة ومتكيفة لنوعية هذه النباتات ويبدأ الهرم البيئي في النمو .

الآن ، اذا نظرنا إلى هذا الهرم البيئي وهذه السلسلة الغذائية نراها سلسلة غير مرغوب فيها وغير اصلية ونراها ايضاً معرضة للزوال ، اي انها تتأثر بسهولة بالعوامل البيئية المحيطة من انخفاض درجة الحرارة ، تدني الرطوبة ، امطار غزيزة مفاجئة ..) فتكون بمثابة مرحلة انتقالية سلبية لان هذه الاعشاب تستقطب وتشجع الرعي الجائر – فإذا كانت العاشبات من الماعز وخصوصا الماعز الأسود فان هذه الكائنات الحية سوف تبيد البيئة حيث لا تكتفي هذه الحيوانات بقضم الجزء الاخضر فقط وانما تصل الى الجذور مسببة بذلك تفكك ذرات التربة وحبيباتها وهنا تبدأ المرحلة الحرجة والتدهور البيئي التي تؤدي غالباً الى مظاهر التصحر وتدني الانتاجية الطبيعية للانظمة البيئية .

يسعى العديد من المزارعين الى زيادة الانتاجية الزراعية لرفع مستوى معيشتهم

بإستعمال المخصبات والهرمونات المختلفة . فقد دلت الاحصائيات الاخيرة واحصائيات البنك الدولي ان الاردن رفع مستوى استهلاك المخصبات من ٨٧ (مئة غرام للهكتار) عام ١٩٧٠ -١٩٧١ الى ٧٧١(مئة غرام للهكتار) عام ١٩٩٠ .وهذا يعني ان الاردن زاد من استهلاك هذه الكيميائيات ثمانية أضعاف عما كان يستهلكه عام ١٩٧٠ . واذا نظرنا الى الجدول (١٠-١) يتبين انه كان يستعمل عام (١٩٧٣) ٢٠ر١٠ كغم من المخصبات النيتروجينية للدونم وان هذا الرقم قد ارتفع الى ٤١ر١٥٦كغم عام (١٩٨٧) للدونم الواحد مما يشكل كارثة بيئية حقيقية . عدا عن ذلك تبين الدراسات المختلفة ان الاصابات الصحية المباشرة لهؤلاء المزارعين في تصاعد مستمر وان نسبة الامراض الصدرية والمجاري التنفسية اصبحت من الأمراض الشائعة بين المزارعين الذين لا يستعملون الاغطية الواقية ولا يتقيدون بإرشادات وزارة الزراعة.

جدول (١٠-١) يبين الجدول المخصبات النيتروجينية (بالكيلوغرامات) المستعملة في مناطق مختلفة من الاردن .دائرة الاحصاءات العامة (١٩٨٧)

السنة	المساحات المروية (بالدونم)	كمية المخصبات النيتروجينية (بالطن)	كمية المخصبات النيتروجينية لكل دونم بالكيلوغرامات
١٩٧٣	٢٥٠٣١٣	٢٥٤٩	١٠.٢٠
١٩٧٦	٣٤٠٠٦٤	١٢٨٩٣	٣٧.٩١
١٩٨٢	٥٠٨٠٥١	٢١٠٦٨	٤١.٤٧
١٩٨٧	٤٦٩١٢٦	٧٣٣٧٨	١٥٦.٤١

وفي دراسة للسيد ابو الرب من وزارة الزراعة عام ١٩٨٤ تُبيّن ان الكمية المناسبة والمطلوبة من المخصبات للدونم الواحد للبندورة مثلا يتراوح من ١٠-١٥ كغم للدونم ، للخيار ٨-١٠ كغم والمحاصيل من ١٠-١٥ كغم للدونم ، وفي الواقع أنه يوجد تجاوزات لهذه الكمية مما يسبب في دمار وتدهور التربة وقتل الكائنات الحية النافعة فيها.

تستوعب التربة كميات هائلة من العناصر الكيميائية ولكن التأثير السلبي يبدأ

بالخطوة الاولى الا وهي قتل الكائنات الحية الدقيقة النافعة والتي تعمل كمحللات . ان وظيفة المحللات في التربة هي تحويل المادة العضوية الى مادة غير عضوية ليتسنى للنباتات امتصاصها حيث أن النباتات لا تمتص المادة العضوية . لذا فإن عملية قتل هذه المحللات يحرم النباتات البرية من غذاءها المناسب .

اما الخطوة الثانية فهي ان هذه المتبقيات residues وعبر هجرتها من سطح التربة الى الاعماق تتبخر بسبب درجة الحرارة – وخصوصا في مناطق الاغوار –مسببة بذلك تلوث الهواء المحيط عدا عن ذلك فإن المتبقيات تعمل كسموم وتقضي على كائنات حية برية ، فقد شهدنا في مناطق الأغوار – في احدى الزيارات الميدانية– عشرات من بيوض الطيور المهاجرة المتلفة حيث أن بعض هذه الطيور يقوم بوضع البيوض والاعشاش على الارض فتتسرب لهذه البيوض المبيدات المتبقية في التربة وتبيد قشرتها مما يؤثر على الكائن الحي في الداخل وتقتله (حيث تصبح قشرة البيوض هشة وغير صالحة للنمو) .

ان استخدام المبيدات يعتبر الطريقة الاكثر شيوعا لمكافحة الآفات وبالتالي رفع الانتاجية الغذائية ورفع مستوى المعيشة لدى المزارعين الذي يعتمدون في تحصيل قوتهم على ما تنتج لهم الارض . ومعظم هذه المبيدات ليس متخصصا في التأثير على الآفة التي استخدم من اجل مكافحتها ، بل يؤثر على العديد من الكائنات الحية الاخرى وقد يتمثل هذا الضرر في كون هذه المواد سامة وبذلك تقتل العديد من الكائنات الحية او تكون ذا أثر فسيولوجي او سلوكي .

كما بينت الدراسات ان تعرض العمال الاردنيين للمبيدات قد سبب امراض عديدة وظواهر غير صحية مثل انخفاض في نشاط انزيم الكولين استريز في دم العمال الزراعيين يمكن ان يصل الى ٣٠٪ مقارنة بنشاط الانزيم في دم العمال غير الزراعيين وينصح بابعاد هؤلاء العمال عن العمل لمدة ٢–٣ اسابيع حتى يستعيد الانزيم نشاطه ويعود الى الوضع الطبيعي .

وتبين الدراسات المختلفة ان حوادث التسمم بالمبيدات في العالم يشهد ارتفاعا في عدد الضحايا ويذكر الجميع ما حدث في العراق عام ١٩٧١ نتيجة تناول قمح معامل بمبيد زئبقي ادى الى وفاة ما يزيد على ٤٠٠ شخص وتسمم قرابة الفي مواطن

وكما ان وجود مادة Dioxin كمادة ملوثة في مبيدات الاعشاب (2,4 5-T) ادى الى ظهور حالات تشوه الولادات في فيتنام ، ولعل ما حدث في الهند عام ١٩٨٤ في بوفال يعتبر من اخطر هذه الحوادث حيث ادى تسرب حوالي ٤٠ طنا من المادة العالية التسمم Methyl Tsocyanate والتي تستعمل في انتاج مبيد Carbaryl والذي يعتبر متوسط السمية في حد ذاته – ادى الى وفاة ما يزيد على الفي شخص وتسمم حوالي ٢٠٠,٠٠٠ شخص .

وتتمثل الخطوة الثالثة في استكمال هجرة هذه السموم لتستقر في باطن الارض ملوثة المياه الجوفية ومؤثرة بذلك على حياة وانتاجية المزارعين الذين يحتاجون المياه الجوفية لاغراضهم دافعة اياهم الى خسارة أخرى في الانتاجية وبالتالي الى ترك اراضيهم والهجرة الى المدينة بحثا عن رزق حياة افضل . وقد أُنشئ في الاردن عام ١٩٨٣ مركز لتحليل متبقيات المبيدات وأعدت دراسة لتقييم الوضع العام للتلوث بالمبيدات حيث دلت هذه الدراسة على تركيز المشكلة في وادي الاردن وفي الزراعة المحيمة ووجد ان ٥٧٪ من المتبقيات كانت مبيدات حشرية و٣٣٪ مبيدات فطرية و ١٠٪ مبيدات عناكب نسبة الى مصادر « حالة البيئة في الأردن » (١٩٨٩) .

ان ما حدث لحوض البقعة هو دليل واضح على النمو السكاني العشوائي وتأثيره على البيئة ، حيث يعتبر حوض البقعة من اكبر الأحواض المائية واكثرها تلوثا . فنتيجة للهجرة القسرية عام ١٩٦٧ استقر مخيم البقعة في مكانه الحالي كحل مؤقت ومع مرور الوقت نما المخيم وزادت الكثافة السكانية فيه ولم يرافق نمو هذا المخيم اي خدمات جيدة وبرزت بوادر التلوث عليه خصوصاً بالنفايات المنزلية والصلبة والصرف غير الصحي وبغياب التنظيم الخاص به فقد انتشرت المزارع ومعها المبيدات والمخصبات لتشكل الدائرة السلبية التي اشرنا اليها سابقا .

ان زيادة الكثافة السكانية في الاردن وزيادة الطلب على المصادر الطبيعية وغياب التشريعات البيئية أدى الى جفاف وتدهور اجسام مائية كثيرة بسبب الطلب المتزايد عليها ولعل ما حدث لواحات الازرق في شرق المملكة افضل دليل على ذلك فزيادة الضخ الذي تعرضت له المنطقة ادى الى هبوط في مستوى الماء مما أدى إلى زيادة التملح . هذا التدهور البيئي أثرّ سلبيا ليس فقط على التربة وانما على الكائنات

الحية الطبيعية والسلاسل الغذائية البيئية – وخصوصا الطيور المهاجرة منها حيث كانت تتواجد في مناطق الازرق بالآلاف في زمن ليس بعيد بينما لا نكاد نرى حالياً الا القليل من هذه الطيور علما بأن الاردن يعتبر نقطة التقاء جغرافية – بيئية ومحور اساسي ومحطة لا بد منها للطيور المهاجرة .

ومن المواضيع البيئية الهامة ، والتي تتأثر بالكثافة السكانية والنمو العمراني العشوائي والتعدي على الاراضي البرية : التنوع الحيوي . ولعل هذا المصطلح اصبح من اهم المرتكزات التي خرج بها المجتمعون في مؤتمر قمة الارض في ريو عاصمة البرازيل عام ١٩٩٢ الا وهو الحفاظ على التنوع الحيوي ، فما هو التنوع الحيوي ، وما علاقته السلبية بالنمو السكاني العشوائي ؟ وكيف يتأثر؟

يولي العلماء في الوقت الحالي اهمية كبيرة لموضوع حماية التنوع الحيوي والمخزون الوراثي الطبيعي وسلطت عليه الاضواء والاهتمامات العلمية وجاء تعريف التنوع الحيوي بانه « تباين الكائنات العضوية الحية المستمدة من كافة المصادر بما فيها ، ضمن امور اخرى ، النظم الايكولوجية الارضية والبحرية والاحياء المائية والمركبات الايكولوجية التي تعد جزءاً منها وذلك يتضمن التنوع داخل الانواع وبين الانواع والنظم الايكولوجية » .

وحالياً تولي السياسات البيئية قاطبة جُلّ اهتمامها من اجل الحفاظ على النوع من الكائنات الحية النباتية والحيوانية. والنوع هو الوحدة الاساسية في الجماعات السكانية ويقع ضمن السلسلة الغذائية . ولكل نوع كما ذكر سابقا صفاته الوراثية وله وظيفة معينة في النظام البيئي من ناحية تحويل الطاقة الشمسية (كما في النبات) الى طاقة كيمياوية ونقلها الى المستوى الغذائي الذي يليه وهكذا ... وبالتالي فإن فقدان النوع او الانواع من هذا الكائنات يعمل ثغرة او فجوة في الشبكة الغذائية البيئية ، ومع الزمن فإن هذه السلسة تضعف بسبب عدم مقدرتها على نقل الطاقة من مستوى الى اخر بكفاءة مناسبة ، وكذلك تضعف مقدرتها على نقل المواد الغذائية ضمن الشبكة الغذائية والهرم البيئي المعقد التركيب .

إذاً فان فقدان النوع او الانقراض يعتبران من ألدّ اعداء التنوع الحيوي ويمكن ان ينتج عنه – اضافة الى السلبيات التي ذكرت – نتائج غير مرضية ومستحبة . فإذا نظرنا

الى الصحراء الشرقية من الاردن لوجدنا ان نبات *Anabasis* هو من النباتات الشائعة الصحراوية ويحتل السلسلة الغذائية الاولى . ويعزو العلماء سبب سيادة هذا النوع على الأنواع النباتية الاخرى بانه لا يتعرض للرعي المركزّ وربما لكونه غير مستساغ للعديد من العاشبات . فازدهرت هذه الجماعة السكانية النباتية وسادت في المناطق الصحراوية . ويستقطب هذا النوع من النباتات قارض معين يسمى بالجرذ السمين (*Psammomys obesus*) والذي يعتبر المخزون الطبيعي لطفيل الليشمانيا لذا فازدهار نوع على حساب انواع اخرى من النباتات أدى إلى ازدهار قارض له سيئاته الصحية .

فالمعروف في علم البيئة ان السيادة في نظام بيئي هش له سلبياته وتعتبر مؤشر على تداعي أساسيات هامة في الاهرامات البيئية . فإذا كان لدينا مجموعة من النباتات التي تنتمي لنفس النوع فإنها سوف تتعامل وتتكيف مع الوسط المحيط بنفس الطريقة بسبب التطابق الوراثي والجيني لهذا النوع من النباتات . فإذا تدنت درجة الحرارة – مثلا – الى الحد الادنى او الحد الحرج القاتل فإن جميع افراد هذا النوع الواحد سوف يفنون، ولكن اذا كانت افراد هذه المجموعة متنوعة ، فيوجد بلا شك فرصة لبقاء بعض الانواع – فيما لو تعرضت لنفس المؤثر السابق – بسبب وجود عوامل وراثية مختلفة تؤدي إلى تباين طرق التكيف والمقاومة .

ومن ناحية اقتصادية فإن الانتاجية (Productivity) للانواع السائدة تكون اقل وذات فائدة غير كبيرة للنظام البيئي . ومن المعلوم ان الاردن وقّع حديثا على معاهدة حماية التنوع الحيوي العالمية واصبح الاردن من الدول التي التزمت بحماية الاحياء البرية ، واصبح لزاما في جمع المشاريع الانمائية دعم مفهوم حماية التنوع الحيوي .

ومن اهم الاخطار التي تهدد التنوع الحيوي عالميا ومحلياً هي :

تغير المواطن البيئية (Habitat altaration) . وهنا تتغير المواطن الطبيعية بسبب عوامل عديدة منها :

أ– الاسكان

ب–الملوثات

ج– المشاريع التنموية العشوائية

د– سوء استخدام المبيدات

هـ-قطع الاشجار لاغراض الوقود او الاسكان والرعي الجائر .

كما ان السياسات المتعلقة بالاراضي وسوء استخدامها Mismanagement of land use بسبب اقامة المشاريع العشوائية ان كانت سكنية او انمائية تعد من اكبر الاخطار الكامنة التي تهدد التنوع الحيوي .

من المعلوم ان نشاطات الانسان تنحصر في التنمية حيث اعتمد التطور البشري دائما على ابتكارات مختلفة من اجل مصلحته وبالتالي في زيادة فعالية استخدام المواد والطاقة لسد الاحتياجات البشرية المتزايدة . هذا المد الحضري التقني اثر على التنوع الحيوي بشكل وصل الى حده الخطر مما دعا الهيئات الدولية بالنهوض للحفاظ عليه .

ومن الامور الهامة التي يجب دراستها وبحثها ان العديد من الانواع التي تنقرض وتُنسف تحت ضغط النمو العمراني والتوسع البشري يمكن ان يكون لها فائدة طبية معينة (الكثير من النباتات الطبيعية هي مصدر للدواء) او قيمة اقتصادية عالية او قيمة بيئية مرتفعة ... ومن هنا كان من اهم مرتكزات مؤتمر قمة الارض ان توضع خطة عالمية تلتزم فيها الدول المختلفة بحيث تدمج مسألة الحفاظ على التنوع الحيوي الذي يشمل تنوع الجينات والانواع والمخزون الوراثي والنظم البيئية داخل نظام محدد مع برامج التنمية والمخططات السكنية والاحتواء البشري .

ويجب الاشارة هنا ان مفهومي البيئة والتنمية لا يمكن فصلهما بل يعتبرا مرتبطان ارتباطا لا يقبل التجزئة لأن التنمية لا يمكن ان تستمر على قاعدة موارد بيئية متدهورة كما لا يمكن حماية البيئة واهمال الامور التنموية . ومن الضروري بمكان التركيز على انه لا يمكن لاي جهة او هيئة دولية او محلية معالجة كل من هاتين النقطتين على حدة بمؤسسات وسياسات جزئية ، بل على العكس ، يجب النظر على انهما مرتبطان في شبكة معقدة من الاسباب والنتائج .

ان زيادة النمو السكاني والكثافة السكانية تتطلب حيزا كبيراً من المساحة وفي حالة الاردن نرى ان انشاء المباني والمستوطنات البشرية قد اخذ بالتعدي على الثروة الغابية وهذا نشاهده بشكل واضح في شمال الاردن ، حيث ابرزت دراسة اخيرة ان نسبة التعدي على المناطق الحرجية آخذة بالإتساع والخطورة ، علماً بان الغابات الطبيعية تحتل فقط ١٪ من مساحة الاردن الاجمالية .

وتدل الدراسات الدولية ان النسبة المئوية السنوية لتدهور الغابات في الاردن يبلغ ١ر٤ (البنك الدولي ١٩٩٢) مع ان مشاهداتنا الميدانية السنوية ودراسة مسبقة عن تاريخ المنطقة البيئي يعطي دلالةً على ان نسبة معدل تدهور الغابات هو ضعف الرقم الذي اورده البنك الدولي .

ومن المعلوم ان الاردن يولي عناية خاصة بجعل الاردن اخضر حيث بدأت عمليات التحريج في بداية الخمسينات وانشاء المشاتل الحرجية منذ الاربعينات .وقد بدأ الانتاج بحوالي نصف مليون غرسة ووصل حاليا الى ٩ ملايين غرسة . ويتم انتاج اكثر من ٥٠ نوعا من الغراس التي تلائم البيئة المحلية .

ومع كل هذا الحرص فإن البيئة الغابيـة تتعرض للدمار وأحد الاسباب الهامة هو التوسع العمراني الناتج عن الزيادة السكانية . فإقامة الاسكانات البشرية هو دافع انساني لا يناقش ولا يبحث به .ولكن ما نحن بصدد الحديث عنه هو وضع تشريعات وخطط تنموية تستوعب هذه العملية ولكن ليس على حساب الاراضي المرتفعة والغابات.

فالناظر الى التوزيع السكاني في المملكة يرى عدم عدالة التوزيع السكاني حيث الكثافة العالية في مناطق محددة بينما تعاني مناطق الشرق والجنوب من قلة الاستثمار وقلة التنمية لعدم توافر الامكانات البشرية فيها .

نحن هنا لا نناقش بأن الانسان بطبيعته يشعر بالامان والاستقرار في الاماكن المزدهرة كالمدن والقرى والمراكز المختلفة ولكن اذا اردنا للتنمية ان تستمر وان تزدهر يجب على الجهات المسؤولة أن تبدأ بتأهيل المناطق النائية لاستيعاب الطاقة البشرية المتزايدة في الاردن .

وإذا اخذنا مثال منطقة الديسي في جنوب المملكة فإن الحكومة بدأت بتنمية الري في منطقة الديسي بعمل مشروع ريادي عام ١٩٧٣ رافقه محطة ابحاث زراعية بمساحة ١٢٠٠ دونما . وفي عام ١٩٨٤ بدأ العمل بتنفيذ مشروع استغلال المياه الجوفية لاغراض انتاج القمح البري بمساحة ١٢٥٠٠ دونم بعد ان جُهزت المنطقة بكافة الاجهزة والمعدات وزودت بمستلزمات الانتاج واستعملت فيها اجهزة الري المتقدمة واستمرت التجربة لمدة ٢٥ عاما وتم التأجير بالفعل لشركات بدأت اربعة منها بالزراعة

واستغلال المياه ويتوقع ان يصل حجم المياه المستغلة سنويا اذا اكملت هذه الشركات برامجها بحدود ١٨٠ مليون متر مكعب على الاقل بناءً على البيانات الرسمية الواردة .

اذا فالمطلوب هو برامج تنموية في مناطق غير مستغلة لاستقطاب الكثافة السكانية واعمار هذه المناطق التي هي بأمس الحاجة اليها . اما السير في السياسة السكانية الحالية وبناء المراكز والمدن السكنية قريبة من بعضها البعض لا بد وان تكون لها نتائجها السلبية وان لم يتم التعدي على الغابات فستكون المراعي هي ضحية الامتداد الحضري بلا شك .

تشكل المراعي ما يزيد على ٩٠٪ من مساحةالاردن : منها المراعي الصحراوية والتي تشكل مساحتها ٥ر٧ مليون هكتار ومراعي السهوب ومساحتها (١) مليون هكتار والمراعي الجبلية ومساحتها ...ر٤٥ هكتار وتشكل هذه المراعي رافدا ومصدر غذاء رئيسي للثروة الحيوانية في الاردن .

ونظرا لأهمية المراعي في الاردن فقد دعمت الحكومة بعض المشاريع بالتعاون مع وزارة الزراعة ومنظمة الاغذية والزراعة الدولية بهدف وقف التدهور في المناطق الرعوية وتطوير طاقتها الانتاجية من خلال زرع شجيرات رعوية وتنظيم الرعي وانشاء المحميات الرعوية وادخال المحاصيل العلفية في الدورة الزراعية للمناطق المطرية ليتم رعيها مباشرة من قبل الحيوانات حفاظا على الثروة الحيوانية في الاردن .

وهناك نشاطات مختلفة لاعادة تطوير المراعي في الاردن تتركز على ثلاثة اسس هي :

١- الحماية : تتم عن طريق اقامة سياج حفاظا على المراعي من الرعي المبكر والجائر ومن الاحتطاب والحراثة وذلك من اجل إتاحة الفرصة للنباتات لتنمو وتتكاثر .

٢- تحسين واعادة الغطاء النباتي :ويتم ذلك بأعمال صيانة التربة ونشر السدود الترابية الصغيرة على الاودية والسيول وعمل خطوط كنتورية من اجل تجميع مياه الامطار وزيادة كميات المياه وزارعة الشجيرات الرعوية .

٣- ادارة المراعي : ويتم ذلك باستغلال المراعي برعي الاغنام حسب الحمولة

الرعوية بحيث يحدث توازن بين الانتاج النباتي والحيواني (تنظيم الرعي) .

ولتحقيق ذلك تم انشاء مجموعة من المحميات في محطات تابعة لوزارة الزراعة مثل الخناصري ، صبحا ، الفجيج ، ضبعا ، اللجون ... وغيرها .

ومن هنا يمكن للتجمعات الريفية والبدوية الاستفادة من هذه البرامج وذلك عن طريق الاستقرار حول هذه المحميات الرعوية وعدم التنقل من مكان إلى آخر ، حيث ان عملية التنقل لا تسبب فقط اضرارا اقتصادية ومعنوية واجتماعية ولكنها تؤذي الانظمة البيئية حيث يعتبر الرعي الجائر من اهم المؤثرات السلبية على البيئة في الاردن.

وتدل الدراسات ان الاردن شهد خلال السنوات العشر الماضية ارتفاعا كبيرا في نسبة العاشبات التي تتبع للقبائل المتنقلة مما كان له الاثر السلبي على الحياة البرية حيث تقوم الابل والماشية وخلال فترة الاستقرار القصيرة نسبيا بإرهاق واستنزاف المنطقة البيئية التي تم التوطين فيها بحيث تفقد التربة قدرتها على استقطاب النباتات الاصلية بعد هذا التركيز القاسي في عملية القضم وتفكك التربة .

اشارة الى فقرة سابقة ، كنا قد اشرنا الى انه من الضروري توسيع القاعدة السكانية وتوزيع الكثافة السكانية في الاردن بحيث يصبح الاردن عبارة عن انوية او مراكز مدن متتشرة عبر مساحته وعدم التمركز في محافظات معينة ولعل هذه المشاريع الانتاجية هي الخطوة الاولى في منع او الحد من عملية التدفق من الريف الى المدينة بحثا عن الرزق حيث تصبح المناطق الريفية مناطق متميزة .

ومن ناحية اخري تلعب السياحة دورا بارزا في مجال الاقتصاد الوطني فأصبحت السياحة مطلبا اجتماعياً وحيوياً للأنسان ، فهي صناعة بلا مداخن ، ويتميز دورها الاقتصادي بحركة ديناميكية تؤدي الى سلسلة من العمليات والنشاطات الانتاجية ولكن يجب ان يخضع تطويرها الى برامج وخطط مدروسة تأخذ في حسابها كافة النشاطات الاقتصادية الاخرى لقطاعات الزراعة والصناعة والتنمية الاجتماعية والسكانية وجميع مجالات الاستثمار ، فضلا عن كون السياحة استثمار للقوى البشرية وتطوير المناطق النائية والمتجعات والشواطئ ، وتأثير ذلك اصبح ملموسا في كثير من دول العالم .

ويعتقد الكثيرون ان لتشجيع السياحة اثر اقتصادي بارز في تنمية الموارد البشرية حيث هناك اثر واضح للاستثمار في مجال تقديم الخدمات وبناء واستغلال وسائل الايواء والطعام واعمال البنية التحتية والفوقية وبناء المؤسسات التجارية وزيادة البضائع وكذلك زيادة النشاط الزراعي والاقتصادي . ويعتبر هذا المجال من المجالات التي يجب على الحكومة ايلاءها الاهتمام الكبير حتى تستفيد التجمعات السكانية وخاصة الريفية من هذه العملية الاقتصادية .

ولكن جيمع هذه العمليات الانتاجية التي ذكرت والمتمثلة في المحميات والمشاريع الانتاجية والاستفادة من ترويج السياحة من شأنها ان تخفف الضغط عن المدن وهذا هدف ومرتكز استراتيجي يجب التخطيط له مسبقا آخذين بعين الاعتبار الاطر البيئية والقدرة الحمولية للانظمة البيئية ، فأي مشروع انتاجي يجب ان تواكبه دراسة بيئية ميدانية علمية حتى يتواكب النمط التنموي والحفاظ على النظم البيئية وهذا ما يسمى بالتنمية المستديمة .

ومن الجدير ذكره بان الاردن لا يعتمد البعد البيئي بالحجم والشكل المطلوبين لدى تبني العديد من المشاريع التنموية وذلك بسبب غياب القوانين والتشريعات البيئية التي تلزم واضعي السياسات والخطط التنموية في الاردن إعتماد الاسس والمعايير البيئية اللازمة ، خاصة في بيئة هشة مثل المناطق الجافة وشبه الجافة مما يكون له اثر سلبي على عناصر البيئة ومكوناتها الطبيعية .

وبالرغم من اثارة موضوع دمج الادارة البيئية مع الاهتمامات المتزايدة بالتنمية الاقتصادية والاجتماعية في المؤتمرات الدولية ، لكنه ما يزال موضوعا رئيسا للحوار . وقد حدثت تطورات كثيرة في العقدين الاخيرين أدت الى تغيرات رئيسة في الطريقة التي تفكرفيها المجتمعات في ادارة العلاقة ما بين الطبيعة والنشاط البشري في المستقبل غير انه على معظم هذه التطورات ان تتخذ شكلاً مؤسسياً في سياسات الحكومات ووكالات التنمية ونظم التخطيط . وهناك دول قليلة تولي اهتماما كافيا للاعتبارات البيئية عند وضع سياساتها او عند تخطيط مشاريعها وقليل ايضا يقوم بتخصيص موارده الحية او تنظيم استخدامها لضمان ان تكون سليمة بيئياً وقابلة للاستمرار .

هناك دول كثيرة تنقصها الموارد المالية اوالتقنية اوالادارة السياسية او الدعم

التشريعي او المؤسسي الكافي لتناول المشاكل البيئية .ولهذا فمن المهم ان تقيّم التكلفة والمنافع البيئية لاي عملية انمائية اذا اردنا ان نحقق التنمية القابلة للاستمرار . بيد ان اجراء هذا التقييم غير سهل ، فيمكن تحديد بعض الآثار البيئية للتنمية بسهولة بينما لا يمكن فعل نفس الشئ بشأن البعض الآخر . ولكن يتفق الجميع انه من الضروري اجراء تحليل اقتصادي للآثار البيئية للعمليات الانمائية من شأنها ان تخلق الوعي بضرورة ان لا تُعامل الموارد الطبيعية بإعتبارها سلعة حرة . وتنجم التكلفة البيئية اما عن التلف المترتب على استغلال احد الموارد او عن الجهد الذي يبذل لاصلاح هذا التلف .

حاولت عدة درسات اجريت في العقدين الاخيرين تقدير التكلفة الاقتصادية للتلف الناتج عن التلوث البيئي. فعلى سبيل المثال ، قدرت قيمة التلف السنوي الناجم عن التلوث الهوائي والمائي والضوضائي في هولندا عام ١٩٨٦ بمبلغ يتراوح بين ٦ر٠–١ر١ مليار دولار (٥ر٠ الى ٩ر٠ في المائة من الناتج القومي الاجمالي السنوي تقريبا) . وتجدر الاشارة الى ان التكلفة الاقتصادية للتلف الناجم عن التلوث للبلدان المتقدمة تقدر ما بين ٣ و ٥ بالمائة من الناتج القومي الاجمالي . كما يجب القول هنا ان هذه التقديرات ليست كاملة بأي حال من الاحوال . فكثيرا ما يكون التلف البيئي انتقائيا وموزعا وغير متساوٍ من حيث المكان والزمان وفيما بين المجتمعات . فالكثير من الآثار المادية والاحيائية والاجتماعية والاقتصادية للمشروعات الانمائية غير معروفة بالقدر الكافي ، في حين يمكن تحديد حجم البعض منها .

ويبقى القول في النهاية أن خطط التنمية المختلفة وطريقة تعاملها ونظرتها الى الموارد البيئية والتوازن البيئي لن يتحقق الا اذا قامت على اسس صحيحة وهي اسس التنمية المستديمة . وينبغي على العالم ان يضع استراتيجيات تلزم الدول الابتعاد عن أساليبها الحالية التي لا تضع للمعايير البيئية الاعتبار اللازم وكذلك تعزيز الاهتمام الدولي المشترك بالتنمية المتواصلة (المستديمة) ، من اجل حياة افضل للانسان ومن اجل صون البيئة العالمية .

المراجع الأجنبية

Abu - Dieyeh , M.H. (1988) . The ecology of some rodents in Wadi Araba with a special reference to *Acomys cahirinns* . M.SC. theses . Univ. of Jordan .

Agricultural Statistics Indicators (1981 - 1988) 1989. Ministry of Agriculture. Directorate of Agricltural Economics and Planning, Division of Statistics . Amman pp : 1- 83.

Andrewartha , H.G., and L.C. Birch (1954). The Distribution and Abundance of Animals , Chicago . Univ. of Chicago Press pp :3 - 280.

Arms , K. and Camp . P. S. (1982) Biology (2nd edition) .Saunders College Publishing, Philadelphia . 942 pp.

Barbour M. G. , Burk J.H. , Pitts W.D. 1987 Terrestrial Plant Ecology . 2nd ed. The Benjamin / Cumming Publishing Company . U.S.A. . 607 pp .

Brown , L. R. and Wolf , E.C. (1984) "Soil Erosion : Quiet Crisis " Washington , D. C. : World Watch Institute . World Watch Paper No. 60 pp: 1 - 54 .

Campbell . N. A. (1992) Biology (2nd edition). Inc. New York , 1165 pp.

Chadwick , M.J. (1987) Environmental Impacts of Coal Mining and Utilization . Oxford . Pergamon Press. 136 pp .

Clark , W. C and Munn K.E. (1986)" Sustainable Development of The Biosphere " Cambridge : Cambridge University Press. pp: 3 - 76.

Department of Statistics (1993) . Estimates on the human population growth in Jordan . A report submitted to the National Population Commission . Amman - Jordan . 82 pp.

Dice , L. R. (1952) . Natural Communities , Ann Arbor , Univ . of Michigan Press pp: 6 - 86.

Elton , Ch., (1927) . Animal Ecology . New York , Macmillan . (2nd ed., 1935 ; 3rd ed., 1947) pp : 5 - 82 .

FAO (Food & Agriculture Organization) (1989) . Forest Resources Accessment Project . Prepared for the 10th World Forestry Conerence . Paris- France . pp: 3-16 .

FAO (Food & Agriculture Organization . (1991). Protection of Land Resoures . Conference on Sustainable Development and Management of Land Resources. Rome. pp: 13-29 .

Gause , G. F. (1934) . The Struggle for Existence . Baltimor , Williams and Wilkins . 163 pp.

Goldemberg J. (1987) Energy for Sustainable Development. Washington D.C., World Reseurce Institute. 133 pp.

Grinnell, J. (1917) Field test of theories concerning distributional control. Am. Nat. 5:115 - 128.

Grinnel., J. (1924). Geography and Evolution, Ecology, 5 : 225 - 229.

Grinnell, J. (1928) Presence and absence of animals. Univ. Calif. Chron. 30 : 249 - 450.

Gleason, H. A. (1917). The structure and development of the plant association. Bull. Torrey Bot. Club, 44. pp.: 463 - 481.

Hatough A.M., Al-Eisawi D.M., and Disi A.M., (1986). The effect of conservation on the wildlife in Jordan. Environmental Conservation 13 (4). pp. 331 - 335.

Hatough - Bouran A.M. and Disi A.M. (1991) Distribution, habitat and conservation of the mammals in Jordan. Environmental Conservation. Switzerland. 18 (1) : 19 - 43.

Hutchinson, G. E. (1959). Homage to Santa Rosalina, or why are there so many kinds of animals ? Amer. Natur. 93 pp: 145 - 159.

Hyde. A., William F., and Roger A. (1991). Forests Economics and Policy Analysis. An Overview World Bank Discussion Paper. Washington D.C.134 pp.

IUCN (World Canservation Union), UNEP (United Nation Environment Programme) and WWF (World Wilde Fund) (1991). Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable living. Gland. Switzerland. pp. 121 - 136.

Kendeigh, S. C. (1908). Ecology with Special Reference to Animals and Man. Prentice - Hall, India, Private Limited, New Delhi, 474 pp.

Krebs D. J. Ecology - (1985) The Experimental Analysis of Distribution and Abundance 3rd. ed. Harper and Row, Publishers, New York. 755 pp.

Kira T., A., (1975). Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. J. Ecof., v. 17 pp : 70 - 82.

Leigh, E. G., (1975) On the relationship between productivity, biomass, diversity, and stability of a community. Proc. Nat. Acad. Sei., v. 53, pp.710 - 773.

MacArthur, R.H.. (1972). Geographical Ecology ; Patterns in the Distribution of species. Harper & Row, Ney York. 269 pp.

Macfadyen, A. (1963) Animal Ecology. Aims and Methods. (2nd edition). Isaac Pitme & Sons Ltd., London. 344 pp.

Myers, W.C. (1979) . Future Agricultural Technology and Resource Conservation . Ames . U.S.A. : Iowa State University . pp. 13 - 27 .

Odum , E. P. and Odum, H. T. (1959) Fundamentals of Ecology . (2nd edition) W. B. Saunders Company , Philadelphia 546 pp.

Odum E. P. (1969) The Strategy of ecosystem development . Science , 164 : 262 - 270 .

Odum, E.P. (1975) . Ecology : The link Between the Natural and the Social Sciences (2nd ed.) . New York , Holt . Rinehart and Winston , 244 pp.

Odum , E. P. (1983) Basic Ecology . Saunders College Publishing , Philadephia . 613 pp.

Odum , E. P. (1985) Basic Ecology . Saunders College Publishing , Philadephia . pp : 3 - 23.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). (1985) . The Macro-Economic Impact of Environmental Expenditure . Paris , France . pp. 3 - 64 .

Rosenzweig , M.L., (1968) . Graphical representation and stability conditions of predator - prey interactions . Amer, Natur ., 97 . pp : 209 - 221 .

Smith R.L. (1980) Ecology and Field Biology . Harper & Row Publishers , New York pp. 787 .

Southwick , C. H. (1972) Ecology and the Quality of our Environment . D.Van Nostrand Company , New York . 319 pp.

Tansley , A. G. (1935) . The use and abuse of vegetational concepts and terms . Ecology , 16 . pp : 284 - 300 .

Tolba . M. K. (1992) . Saving Our Earth : Challenges and Hopes (The status of the environment 1972 - 1992) Published for United Nations Development Programme (UNDP) . pp: 7 - 136 .

UNEP (United Nation Environment Programme) . (1984) Global Environmental Monitoring System . Geneva . pp: 1 - 76 .

Villee C. A. , Solmon E. and Davis p. (1985) Biology . Saunders College publishing , Philadelphia 1206 pp.

Voltera , V. (1926) . Variazione e fluttazioni de numero d'individiu in specie anamali conviventi Translated in R. N. Chapman , 1931 , Animal Ecology , McGraw - Hill New York .

Whittaker , R. H. (1970) Communities and Ecosystems , Macmillan . New York. pp : 5 - 123 .

World Bank . (1992) Report of Environmental Protection Agency. Washington D.C. pp: 31 - 53 .

World Development Report , (1992) . Development and the Environment , Published for the World Bank . pp: 16 - 72 .

المراجع بالعربية

ابو الرب (١٩٨٤) : تطور الزراعة في الأردن ودور الاسمدة الكيميائية في زيادة الانتاج الزراعي ، وزارة الزراعة - الاردن .

الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الاردن ،(١٩٩١) .

حاتوغ - بوران ، ديسي (١٩٩٣) : اثر النمو السكاني على البيئة . مقالة علمية تحت النشر. مجلة دراسات (الجامعة الاردنية) .

حالة البيئة في الاردن (١٩٨٩) : اشراف وزارة الشؤون البلدية والقروية والبيئة . الاردن . ص ١ - ١٤٣ .

علي الرفاعي (١٩٨٥) اسهام علماء العرب والمسلمين في علم النبات . الطبعة الاولى. مؤسسة الرسالة - بيروت ٣١٥ ص .

علي الرفاعي (١٩٨٦) اسهام علماء العرب والمسلمين في علم الحيوان . الطبعة الاولى. مؤسسة الرسالة ، بيروت ٤٠٦ ص .

علي الرفاعي (١٩٨٧) اسهام علماء العرب والمسلمين في الصيدلة. الطبعة الثالثة . مؤسسة الرسالة ، بيروت . ٤٥٩ ص.

دائرة الاحصاءات العامة . التجارة الخارجية ١٩٧٣ - ١٩٨٧ .

فريدرتش ناومان بالتعاون مع المنظمة التعاونية (١٩٨٩) : اثر المشروعات الزراعية على البيئة في الاردن (الواقع والتحليل) . ٢٦٠ ص .

كليفورد نايت (١٩٨٣) المفاهيم الأساسية لعلم البيئة . ترجمة قيصر نجيب ، طارق محمد وسهيلة الدباغ ، الجمهورية العراقية وزارة التعليم العالي . ٦٣٧ ص .

د. مصطفى طلبة . (١٩٩٢) التحديات والآمال . حالة البيئة ١٩٧٢ - ١٩٩٢ مركز دراسات الوحدة العربية . ص ٣- ١٩٣ .

المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا (١٩٩٣) - قطاع البيئة اساسيات واستراتيجيات العلوم والتكنولوجيا في قطاع البيئة (مسودة اولى) عمان - الأردن .

محتويات الكتاب

المقدمة	٥
الفصل الأول : مدخل إلى علم البيئة	٩
١:١ مفهوم علم البيئة	٩
٢:١ مجال علم البيئة وعلاقته بالعلوم الاخرى	١٠
٣:١ نظرة تاريخية ودور علماء العرب والمسلمين في علم البيئة	١٢
الفصل الثاني : اساسيات النظام البيئي	٢١
١:٢ مكونات النظام البيئي	٢١
١:١:٢ المكونات (العوامل) غير الحية	٢٢
٢:١:٢ المكونات (العوامل) الحية	٢٢
٢:٢ انواع النظم البيئية	٢٧
١:٢:٢ التقسيم على اساس المكونات الحية وغير الحية	٢٧
٢:٢:٢ التقسيم حسب مصدر الطاقة	٣٠
٣:٢ اتزان النظام البيئي	٣١
٤:٢ تطور النظام البيئي (التعاقب)	٣٧
الفصل الثالث : تدفق الطاقة في النظام البيئي	٣٩
١:٣ مصدر الطاقة للنظام البيئي الطبيعي	٣٩
٢:٣ السلسلة الغذائية والشبكة الغذائية	٤١
٣:٣ الاهرامات البيئية	٥٠
٤:٣ الانتاجية البيئية	٥٣
١:٤:٣ الانتاجية الابتدائية	٥٣

٣:٤:٢ الانتاجية الثانوية أو انتاجية المستهلكات ٦٠
٣:٤:٣ الكفاءات البيئية ٦٢
٣:٤:٤ ميزانية الطاقة للمجتمع البيئي ٦٤
الفصل الرابع : الدورات البيوجيوكيميائية ٦٥
٤:١ مدخل الفصل ٦٥
٤:٢ دورات العناصر ٦٦
٤:٢:١ دورة الماء ٦٦
٤:٢:٢ دورة الكربون ٦٨
٤:٢:٣ دورة الاكسجين ٧٠
٤:٢:٤ دورة النيتروجين ٧٠
٤:٢:٥ دورة الفوسفور ٧٣
٤:٢:٦ دورة الكبريت ٧٦
الفصل الخامس : العوامل البيئية وتوزيع الكائنات الحية ٧٩
٥:١ العوامل المحددة ومستويات التحمل ٧٩
٥:٢ العوامل البيئية ٨٣
٥:٢:١ الحرارة ٨٣
٥:٢:٢ الضوء ٩٢
٥:٢:٣ الماء ٩٧
٥:٢:٤ الرياح ١٠١
٥:٢:٥ الغازات الجوية ١٠٣
٥:٢:٦ التربة ١٠٤
٥:٢:٧ المغذيات الأولية (الاملاح المعدنية) ١١١
٥:٢:٨ النار ١١٢

٥:٢:٩ المناخ الدقيق ١١٣
٥:٣ الكواشف البيئية ١١٣
الفصل السادس : بيئة الجماعات ١١٥
٦:١ مفهوم الجماعات ١١٥
٦:٢ احجام الجماعات وتقديراتها ١١٦
٦:٣ نسبة المواليد ١٢٢
٦:٤ نسبة الوفيات ١٢٢
٦:٥ الهجرة ١٢٣
٦:٦ الكثافة السكانية ١٢٤
٦:٧ السعة الحملية ١٢٥
٦:٨ التوزيع المكاني للجماعة ١٢٧
٦:٩ التركيب العمري للجماعات ١٢٩
٦:١٠ نمو الجماعات ١٣٢
٦:١٠:١ نظرة عامة ١٣٢
٦:١٠:٢ منحنيات نمو الجماعات ١٣٣
٦:١٠:٢:١ النمو المالثوسي ١٣٣
٦:١٠:٢:٢ النمو (النسبي) اللوجستيكي ١٣٤
٦:١٠:٣ انتخاب (r) و (k) من قبل الجماعات ١٣٩
٦:١٠:٤ العوامل المؤثرة على نمو الجماعات ١٤٠
٦:١١ تذبذبات الجماعة ١٤٠
٦:١١:١ التذبذبات الموسمية ١٤٠
٦:١١:٢ التذبذبات غير الموسمية ١٤٢
٦:١١:٢:١ التذبذبات العشوائية ١٤٢

٦:١١:٢:٢ التذبذبات الدورية ١٤٣
٦:١٢ مجالات التوطن ١٤٥
٦:١٣ سلوك الأقليمية ١٤٨
٦:١٤ مراتب الهيمنة ١٥٠
الفصل السابع : بيئة المجتمعات الحيوية ١٥١
٧:١ مفهوم المجتمع الحيوي ١٥١
٧:٢ هيكل المجتمع الحيوي ١٥٢
٧:٢:١ المنطقة الانتقالية البيئية ١٥٣
٧:٢:٢ مبدأ اتصال المجتمعات ١٥٧
٧:٣ التنوع قياسه والعوامل المؤثرة عليه ١٥٧
٧:٤ السيادة ١٦١
٧:٥ النيتش (الحيز الوظيفي ، العش الوظيفي) ١٦٤
٧:٥:١ المتكافئات البيئية ١٦٩
٧:٥:٢ الصفات المُزاحة ١٦٩
٧:٦ تسمية وتصنيف المجتمعات الحيوية ١٧٠
٧:٧ التغيرات في المجتمعات البيئية (التعاقب البيئي) ١٧١
٧:٧:١ انماط التعاقب البيئي ١٧٣
٧:٧:٢ أمثلة على التعاقب البيئي ١٧٧
٧:٧:٣ نظرية الذروة الوحيدة مقابل الذروة المتعددة ١٨١
٧:٨ التداخلات الحيوية ١٨٢
٧:٨:١ التعادلية ١٨٣
٧:٨:٢ التعايش ١٨٤
٧:٨:٣ التقايض ١٨٥

٧:٨:٤ الافتراس ١٨٦
٧:٨:٥ التطفل ١٨٨
٧:٨:٦ التنافس ١٨٩
٧:٨:٧ التضادية والتضاد الحيوي ١٩١
٧:٩ دورية المجتمعات ١٩٢
٧:٩:١ الدورية اليومية ١٩٣
٧:٩:٢ الدورية الفصلية ١٩٤
٧:١٠ الطرق البيئية المستعملة لمسح المجتمعات الحياتية ١٩٦
الفصل الثامن : تنوع المجتمعات الحيوية ٢٠٥
٨:١ البيئات المائية ٢٠٥
٨:١:١ المحيطات ٢٠٥
٨:١:٢ الجداول والانهار ٢٠٧
٨:١:٣ البحيرات والبرك ٢٠٨
٨:١:٤ المصبات ٢١١
٨:١:٥ المستنقعات ٢١٢
٨:٢ بيئات اليابسة ٢١٣
٨:٢:١ التندرا ٢١٤
٨:٢:٢ الغابات ٢١٥
٨:٢:٢:١ الغابات الصنوبرية الشمالية ٢١٥
٨:٢:٢:٢ الغابات المتساقطة الاوراق ٢١٦
٨:٢:٢:٣ الغابات الاستوائية المطيرة ٢١٦
٨:٢:٢:٤ الغابات المتوسطية ٢١٨
٨:٢:٣ الحشائش ٢١٩

٨:٢:٣:١ حشائش الأقاليم المعتدلة	٢١٩
٨:٢:٣:٢ حشائش الاقاليم الاستوائية (السفانا)	٢٢٠
٨:٢:٤ الصحراء	٢٢١
الفصل التاسع : المشكلات البيئية (البيئة التطبيقية)	٢٢٣
٩:١ التلوث	٢٢٣
٩:٢ تلوث الهواء	٢٢٤
٩:٢:١ التلوث بالجزيئات الصلبة	٢٢٦
٩:٢:٢ التلوث بالكبريت	٢٢٧
٩:٢:٣ التلوث بغازات اول اكسيد الكربون	٢٢٨
٩:٢:٤ التلوث بأكاسيد النيتروجين	٢٢٨
٩:٢:٥ التلوث بالرصاص	٢٢٩
٩:٢:٦ التلوث بغازات ومركبات اخرى	٢٢٩
٩:٣: تلوث الماء	٢٣٢
٩:٣:١ الصناعة	٢٣٣
٩:٣:٢ الزراعة	٢٣٤
٩:٤ النفايات المنزلية والصلبة	٢٣٨
٩:٥ التلوث بالضجيج	٢٤٠
٩:٦ التلوث الغذائي والدوائي	٢٤٢
الفصل العاشر : السكان ، التنمية والبيئة	٢٤٣
المراجع	٢٦٣



علم البيئة

يبحث هذا الكتاب في أساسيات علم البيئة، وأساسيات ومفهوم الأنظمة البيئية ومكوّناتها كما اشتمل على تأثير العوامل اللاحية على الأنظمة البيئية وأهمية الدورات البيوجيوكيميائية وبيئة الجماعات وبيئة المجتمعات وتنوعها.

كما يبحث هذا الكتاب في مفهوم البيئة التطبيقية وتأثير الملوثات المختلفة على النظم البيئية وينتهي بأساسيات علاقة الإنسان بالتنمية والبيئة.

كما يُعبّر هذا الكتاب عن أهمية الحفاظ على الوسط المحيط ويحدد الأخطار التي يمكن أن تصيب الإنسان إذا استمر في استنزافه للموارد الطبيعية والبيئية، فجاء كحجر أساس لكتب مستقبلية في البيئة التطبيقية والتنمية.

الناشر
دار الشروق للنشر والتوزيع، عمّان - الأردن
دار الشروق للنشر والتوزيع، رام الله - فلسطين

التوزيع
المركز العربي للمطبوعات، بيروت - لبنان
تصميم الغلاف: محمد نصر الله